

福島県いわき市新舞子浜海岸林による津波減衰効果

茨城大学 学生会員 ○塚越 大地
 茨城大学 正会員 信岡 尚道

1. 研究の背景・目的

東北地方太平洋沖地震により発生した計画規模を超える津波によって甚大な被害を受けた。流木により、海岸林の背後の被害が助長された¹⁾ことも指摘されている。

こうした中、海岸林による津波エネルギーの減衰効果、津波到達時間の遅延効果、漂流物の捕捉効果が見られた事例も報告されている。特に、福島県いわき市新舞子では、7 m を超える津波に襲われたが、林帯により車等を捕捉し、林帯の背後の農地への流入を防ぎ²⁾、目指すモデル林³⁾として注目されている。これまで、伊藤ら³⁾、大平ら⁴⁾、蛭田ら⁵⁾により、新舞子浜海岸林による東北地方太平洋沖地震津波の津波減衰効果に関する研究が行われたが、樹木の倒伏条件が含まれていないことや福島県沖に來襲した津波は不規則な周期であったが、様々な津波の周期での検証がされていないことから技術的知見が不十分であることが考えられる。

そこで、本研究では、東北地方太平洋沖地震津波において津波減衰効果を発揮したとして注目される新舞子浜海岸林に着目して津波数値計算を行い、新舞子浜海岸林による津波減衰効果を定量的に示すことを目的とする。

2. 津波数値計算

2.1 計算方法

本研究では、連続の式(1)と運動方程式(2)、(3)を活用し、津波数値計算を行った。この運動方程式は飯村ら⁶⁾と同様に、非線形長波方程式に樹木による抵抗と灘岡ら⁷⁾のSDS乱流モデルを用いた渦粘性を加えた。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{F_{tx}}{\rho} - E_{vx} = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{F_{ty}}{\rho} - E_{vy} = 0 \tag{3}$$

ここで、 x, y : 水平座標、 t : 時間座標、 M, N : 流量の x, y 方向成分、 η : 静水面からの水位上昇量、 D : 全水深、 ρ : 水の密度、 τ_{bx}, τ_{by} : 底面摩擦応力の x, y 方向成分、 F_{tx}, F_{ty} : 単位面積当たりの樹林による抵抗力、 E_{vx}, E_{vy} : 渦粘性力の x, y 方向成分である。

2.2 計算条件

2.2.1 単純地形モデル

計算条件を表一に示す。本研究では、飯村ら⁸⁾の研究において想定された単純地形モデルを活用した。海岸林の幅は新舞子浜海岸林の最大幅を採用し、胸高直径、密度については、伊藤ら³⁾、蛭田ら⁵⁾、原田ら⁹⁾の現地調査結果を平均した値である。マンシングの粗度係数は小谷ら¹⁰⁾を参考にした。

表一 計算条件

格子 間隔	空間 (m)	10	津波	高さ (m)	3, 5, 7, 9
	時間 (s)	0.1		周期 (min)	10, 20, 40
海岸 林	幅 (m)	290			
	胸高直径 (m)	0.15			
	密度 (本/m ²)	0.45			
	樹高	水面より高い			
	倒伏条件	有 (抗力係数 1.0 → 0.2)			
	マンシングの粗度係数	0.025			

2.2.2 福島県いわき市新舞子地形モデル

福島県いわき市新舞子地形モデル (原田ら⁹⁾の側線3)の計算条件については、2.2.1 とは津波高と海岸林幅のみ異なり、他の条件は同様である。津波高については、浸水記録より最大浸水深が海岸林内において5.1 m となるように入射振幅を調整し、津波数値計算を行った。海岸林幅については、現地の側線の海岸林幅とした。福島県いわき市新舞子地形モデルを図一に示す。地形データは、海側の標高データについては中央防災会議により検討されたデータ、陸側の標高データについては、原田ら⁹⁾の側線3)の現地調査結果、本研究の現地調査結果、DEM5Aの標高値を活用した。

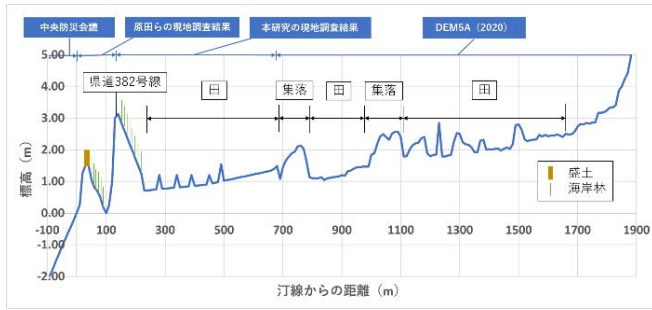
3. 計算結果 (福島県いわき市新舞子地形モデル)

福島県いわき市新舞子地形モデル (原田ら⁹⁾の側線3)の計算結果を図二、図三、図四に示す。減衰率については、

Key Words : 東北地方太平洋沖地震津波, いわき市新舞子, 新舞子浜海岸林, 海岸林, 津波減衰効果

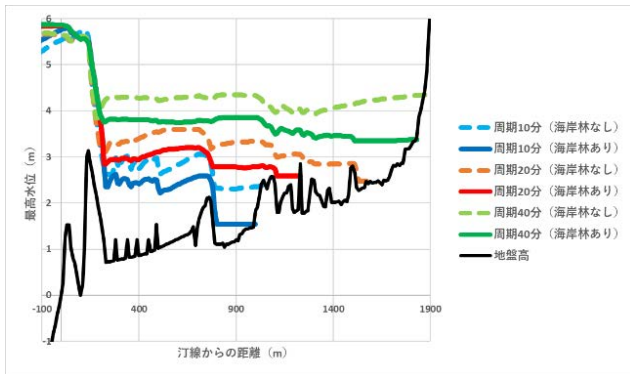
連絡先 : 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1

TEL : 0294-38-5004

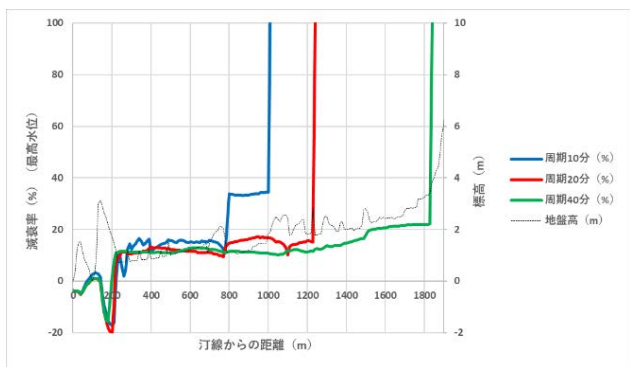


図一 福島県いわき市新舞子地形モデル

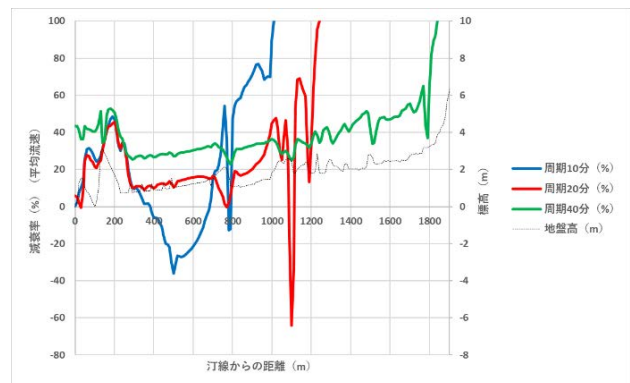
1 - (海岸林あり/海岸林なし) で算出し、百分率で表した。図一、図二より、海岸林により、どの周期においても約 40 ~ 50 cm の水位低下があり、どの周期においても約 10% の津波減衰効果が見られる。また、海岸林のみならず、県道 382 号線の道路盛土により約 2 m の水位低下が見られ、最終的には、集落の盛土や水田地帯の道路により、津波がせき止められたと言える。図四より、平均流速については、どの周期においても約 20% の津波減衰効果が見られる。



図二 岸沖方向の最高水位の比較



図三 岸沖方向の減衰率 (最高水位)



図四 岸沖方向の減衰率 (平均流速)

4. 結論

福島県いわき市新舞子において、新舞子浜海岸林により、東北地方太平洋沖地震津波当時、最高水位・平均流速は約 10 ~ 20% の津波減衰効果が得られ、新舞子浜海岸林は多重防御の一部として津波減衰に寄与し、2 次的被害を軽減したと考えられる。注目される新舞子浜海岸林でも小さい津波減衰効果であったことから、海岸林のみならず、複合的に津波を防御することが重要であると言える。

今後の課題としては、3 次元で津波数値計算を行い、より精度の高い計算結果を得ることや海岸林による津波減衰効果のみならず、飛砂、潮風害等の抑制・景観向上等を考慮し、海岸林を総合的に評価することが挙げられる。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 18K04652 (基盤研究 (C)) の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会 (2012) : 今後における海岸防災林の再生について, p.6, 9.
- 2) 森の防潮堤協会 : 目指すモデル林~新舞子浜海岸林~ http://morinobouchoutei.com/?page_id=123 (閲覧日:2023/01/17)
- 3) 伊藤勲信, 菊地卓郎, 橋本孝一 (2012) : 東北地方太平洋沖地震津波によるいわき市海岸林の減災効果について, 東北支部技術研究発表会講演概要集, II-51.
- 4) 大平浩之, 菊地卓郎, 伊藤勲信, 橋本孝一 (2013) : いわき市沿岸部における海岸林を用いた津波減衰効果について, 東北支部技術研究発表会講演概要集, II-65.
- 5) 蛭田隼, 菊地卓郎, 大平浩之 (2015) : いわき市沿岸部における津波に対する海岸林の模型実験, 東北支部技術研究発表会講演概要集, II-77.
- 6) 飯村耕介, 田中規夫, 谷本勝利, 田中茂信 (2009) : 海岸樹林による津波減災効果の評価式の構築, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.B2-65, No.1, pp.366-370.
- 7) 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.
- 8) 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, 海洋開発論文集, 第 25 巻, pp.69-74.
- 9) 原田賢治, 永澤豪, 樋口敬芳, 田中良仁, 橋和正 (2012) : 東北地方太平洋沖地震津波による福島県いわき市の海岸林の被災実態, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.68, No.2, I_1301-I_1305.
- 10) 小谷美佐, 今村文彦, 首藤伸夫 (1998) : GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.356-360.