

海岸林密度と盛土高の変化に伴う流速減衰の定量評価

茨城大学 学生会員 ○砂川 拓巳

茨城大学 正会員 信岡 尚道

1 背景と目的

わが国では、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による津波の発生により、大規模な被害を受けた。この津波の発生により、津波に対する考えを改めると同時に、巨大津波にも減災効果を発揮しうる「粘り強い堤体構造」の津波減衰効果にも注目されるようになった。

現在、日本の海岸沿いに堤防を設置するのにはコスト、環境、景観などの面から良いとはされていない。そこで、盛土と海岸林による緑の防潮堤と呼ばれる堤体構造による津波減衰効果が明らかになることで堤防に代わる津波対策として利用していくことが可能となる。海岸林はコスト面では堤防の設置よりも低く、環境、景観面においてもよいと考えられているが、既往の研究より、海岸林のみでは津波減衰効果は小さいものであると考えられている。そこで、堤防や、海岸丘、盛土などの津波対策と併用して多重防御の効果として導入していくのが適切であると考えられている。

本研究では、盛土と海岸林を組み合わせることによる複合効果として、流速の減衰効果に着目し、林帯幅や盛土高を変化させ盛土と海岸林の複合減衰効果を数値計算から定量的評価を行う。

2 計算手法

2.1 支配方程式

本計算では、飯村ら¹⁾が用いた灘岡・八木によるSub-Depth Scale 乱流モデルに基づく渦粘性項を取り入れ、水深積分型の非線形長波方程式からLeap-frog法を用いて津波数値計算を行った。また、海岸林については、モリソン式の抗力項を用い基礎方程式に組み込んだ。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad \cdots \text{式①}$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{d} \right) + g d \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{F_{tx} + F_{hx}}{\rho} - E_{vx} = 0 \cdots \text{式②}$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{d} \right) + g d \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\tau_{by}}{\rho} + \frac{F_{ty} + F_{hy}}{\rho} - E_{vy} = 0 \quad \cdots \text{式③}$$

ただし、 x, y : 平面座標, t : 時間, ξ : 水位, Q_x, Q_y : x, y 方向流量成分, d : 全水深 ($=h+\xi$, h : 静水深), ρ : 水の密度, g : 重力加速度, τ_{bx}, τ_{by} : 水底摩擦応力, F_{tx}, F_{ty} : 単位面積当たりの樹林による抵抗抗力, F_{hx}, F_{hy} : 単位面積当たりの家屋による抵抗抗力, E_{vx}, E_{vy} : 渦粘性項の x, y 方向成分とする。

2.2 計算条件

計算条件として、空間格子間隔を10m、時間格子間隔を0.2秒、マンニングの粗度係数はモデル地点として採用した宮城県岩沼市の土地利用にあわせ、マンニングの粗度係数を設定した。樹林抵抗は1.0とし、倒伏後の抗力係数は0.2とする。海岸林の密度については、現地の調査結果²⁾を採用した。海岸林の倒伏は北原らの試験結果³⁾に基づく。

3 標高の変化に伴う盛土と海岸林の流速減衰効果

3.1 対象領域における再現妥当性

本計算では対象領域として宮城県岩沼市の玉浦地区周辺の地形からモデル地形を設定した。図3.1にモデル地形を用いた津波数値計算結果と浸水深調査結果との比較を示す。

キーワード: 海岸林 津波 減衰効果

連絡先: 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 TEL: 0234-38-5173

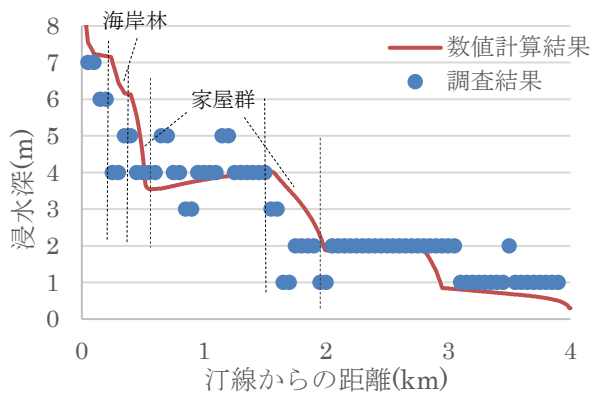


図 3.1 計算結果の比較

また、津波の条件としては、玉浦地区における東北地方太平洋沖地震の被災調査結果から周期と汀線付近の波高を設定し、制約条件として海岸林幅 L （以降は L と省略する）は 0m から 150m までとした。以上の条件を組み合わせて結果の比較を行った。図 3.2 から、おおむねの浸水深とは一致するが、家屋密集地にける過大な浸水深が計算された。本数値計算においては、漂流物の衝突や津波の衝突力などを考慮していないため、生じた誤差と考えられる。よって、津波衝突や漂流物の効果を考慮すれば、計算は妥当であるとみなし数値計算を行う。

3.2 盛土と海岸林による流速減衰定量化

本研究では、各メッシュ地点における最大流速と流失限界モーメントによる流失域を用いて津波の流速減衰について検討した。盛土なしに対し、①盛土のみ、②盛土 2.0m+海岸林、③盛土 3.0m+海岸林、④盛土 2.0m+海岸林密度 0.18(本/㎡)、⑤盛土+海岸林+堤防の 5 条件を比較する。盛土 3.0m と樹林密度については北原らの試験³⁾と森林保全・管理技術研究会の指針⁴⁾に基づく。陸域の各地点の最大流速を図 3.3 に示す。評価については、汀線から海岸林の樹林帯幅限界までの最大流速を盛土なしの条件 U_o 、その他条件の流速 U_i を用いて無次元比 $\frac{U_{in}}{U_{io}}$ から評価する。

図 3.3 から、堤防を配置した場合に局所的に流速が上がっている。これは、越流時の裏法への縮流により射流が強まったためと思われるが、堤防の配置が流速の減衰に効果を示すことが確認できる。また、盛土高を高めることで流速も減衰することが可能であるが、樹林密度を高めるほうがより流速減衰に効果を発揮することが確認できる。

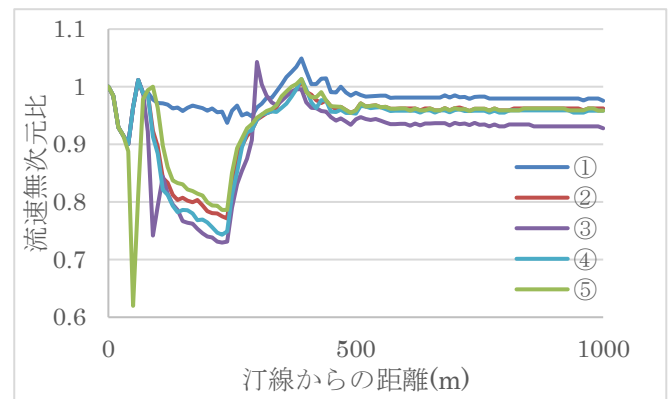


図 3.3 各条件の最大流速比較

4 結論

本研究から、明らかになったこととして、以下のことがあげられる。

- ・盛土、海岸林それぞれに対し流速減衰効果は確認できるものの、海岸林における流速への減衰効果が大きい。
- ・堤防による流速減衰に加え、越流量の低減からより効果的に海岸林の流速減衰効果が期待できるため、盛土と海岸林と堤防による多重防御で与えられる効果が期待できる。

今後は地形や入射波の設定を変え、流速減衰への知見をより多く得るとともに、流速の再現精度の向上や、2次元平面での減衰効果を検討する必要がある。

謝辞 本研究は J S P S 科研費 2535050(基礎研究(c))

「不確実性を考慮した確率的沿岸浸水リスクの時空間評価手法開発と評価結果の活用」の助成をうけたものである。

参考文献

- 1) 飯村耕介・田中規夫・原田賢治・谷本勝利, 「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.
- 2). 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ <http://www.coastal.jp/ttjt/> (2016 年 10 月 16 日閲覧)
- 3) 北原曜・宮田賢・小野裕, 「愛知県伊良湖岬におけるクロマツ引き倒し試験」, 中部森林研究会, vol.61, pp1-4, 2013
- 4) 森林保全・管理技術研究会, 「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)」, pp93-120, 2012