

津波に対する堤防・盛土・海岸林の組み合わせ順の違いによる複合減衰効果

茨城大学 学生会員 佐藤優太

1 背景と目的

我が国では、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、従来の津波対策の考えを大きく変えるきっかけとなった。今後は「防災」と「減災」を複合した「多重防御」の考え方が重要視される¹⁾。そこで注目されているのが「粘り強い堤体構造」による津波減衰効果である。中でも、盛土や海岸林は実際に東北地方太平洋沖地震による津波の際にも宮城県や青森県で津波の侵入を防ぎ家屋の流出が避けられた等の報告がある²⁾。一方で 既往の研究より、海岸林のみでは津波減災効果は小さいものであると考えられ、盛土と海岸林を組み合わせた減衰効果は確認されているものの、減衰効果の中の複合効果や盛土と海岸林に堤防を加えた場合の複合効果の検討は不十分である。

以上より、本研究は堤防、盛土及び海岸林を複合した防御における、それらの組み合わせ順による遡上する津波の減衰効果の違いを明らかにすることを目的とする。

2 計算手法

2.1 基礎方程式

本研究では、水深積分型の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³⁾、家屋抵抗力⁴⁾を加えて Leap-frog 法により津波数値計算を行う。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} = 0 \quad \cdots (\text{式 2.1})$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{d} \right) + g d \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\tau_{bx}}{\rho} + \frac{F_{tx} + F_{hx}}{\rho} - E_{vx} = 0 \quad \cdots (\text{式 2.2})$$

$$F_{hx} = \gamma_h \frac{1}{2} \rho C_{Dh} b_h u^2 h \quad \cdots (\text{式 2.3})$$

ただし、 x ：平面座標、 t ：時間、 ξ ：水位、 Q_x ： x 方向流量成分、 d ：全水深、 ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 τ_{bx} ：水底摩擦応力、 F_{tx} ：単位面積当たりの樹林による抵抗力、 F_{hx} ：単位面積当たりの家屋による抵抗力、 E_{vx} ：渦粘性項の x 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、マニングの粗度係数は宮城県岩沼市の土地利用に合わせて 0.0250(m^{1/3}/s)で設定した。海岸林の各指標については宮城県岩沼市における現地調査データ⁵⁾に基づき、基準投

影幅は 0.16m、海岸林の密度は 0.15 本/m²、樹高は最高水面より高く設定し、樹木の抵抗係数は 1.0（倒伏時は 0.2 に設定）とした。

2.3 モデル地形

本研究の対象地形として宮城県岩沼市付近の地形を選定し、張⁵⁾のモデル地形を使用した。津波高は 9m、周期は 1800s に設定した。また、本研究では、砂川⁶⁾と同じ計算方法で津波の数値計算を行った。

堤防、盛土及び海岸林の各条件は堤防高を 5m、海岸林幅を 150m で設定し、本発表の盛土の条件は組み合わせ順による複合減衰効果の違いをわかりやすくするために盛土高 5m、盛土幅 50m の結果を示す。沖側端は陸側領域境界端から 3.98km、汀線の位置は同約 4.0km とした。図 2.1 は堤防、盛土及び海岸林の組み合わせの設定図であり、組み合わせ順が変わっても沖側端は 3.98km 地点とする。

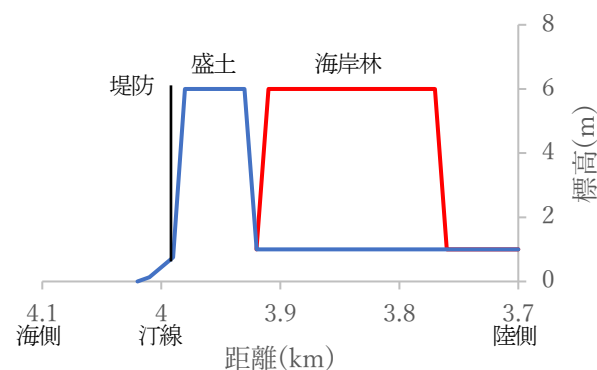


図 2.1 堤防、盛土及び海岸林の組み合わせ設定図

3 堤防・盛土・海岸林の組み合わせ順の違いによる複合効果

3.1 評価手法と記載方法

各対策の組み合わせ順による津波の減衰効果は、浸水深と流速の最大値を海岸線から陸の奥への分布で表し、比較した。距離 1km、3.7km 地点においては、各対策の組み合わせによる浸水深と流速の最大値を無対策の最大値でそれぞれ割った無次元比により比較した。また、組み合わせの記載方法は沖側端からの配置順とする。

3.2 堤防・盛土・海岸林 3 つの組み合わせ

3 つの組み合わせの比較を図 3.1 に示す。最大浸水深を示した (a) から、海岸林を最も陸側に配置した組み合わせ以外

キーワード：津波，多重防御，複合減衰効果，組み合わせ順

連絡先：茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 TEL：0234-38-5173

は海岸林抵抗による津波の停滞から、深い浸水深が確認できる。最大流速を示した(b)から、一時的な流速増加が小さい組み合わせは、盛土+堤防+海岸林と海岸林+盛土+堤防であり、盛土背後に隣接して堤防を設置した組み合わせである。

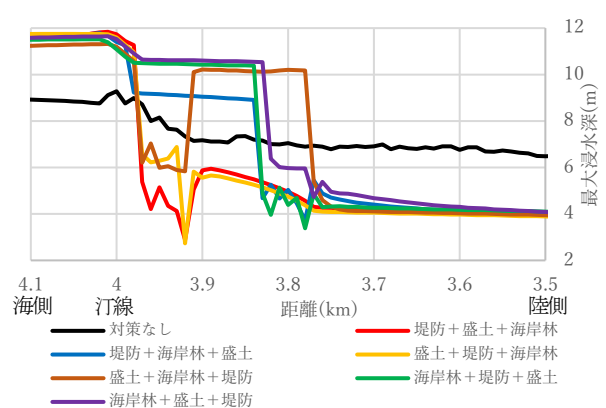
組み合わせ順による複合減衰効果の違いでは、無次元浸水深比、無次元流速比を示す(c)、(d)から、汀線から離れている陸側の距離1km地点において、組み合わせ順の影響が小さいことがわかる。また、浸水深、流速ともに十分な減衰効果が得られている。一方、海側で汀線に近い距離3.7km地点においては組み合わせ順の影響が大きく、距離3.7km地点における減衰率の違いは、最大で無次元浸水深比9.2%、無次元流速比13.4%である。

4 結論

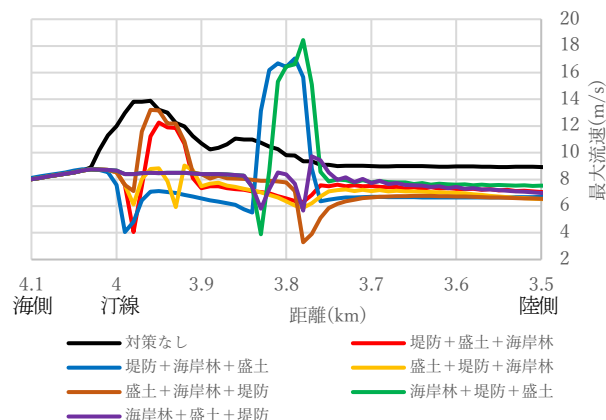
本研究において、堤防、盛土及び海岸林の組み合わせ順による複合減衰効果の違いは海側の位置で大きいことがわかった。原因として、組み合わせ順によって海岸林内に停滞する流量に差が生じ、海岸林背後において流量が多くなること、盛土越流時の一時的な流速増加が生じることが考えられる。また、本研究で用いた地形条件と堤防、盛土及び海岸林の設置条件の結果と地形条件や設置条件を変化させた場合の結果は異なる可能性が高い。したがって本研究から明らかとなった組み合わせ順による複合減衰効果の違いが生じた理由を把握するためにも、様々な津波や地形の条件に対して検討を行うことに価値があり、組み合わせ順による複合減衰効果の特徴も解明できると考えられる。

5 参考文献

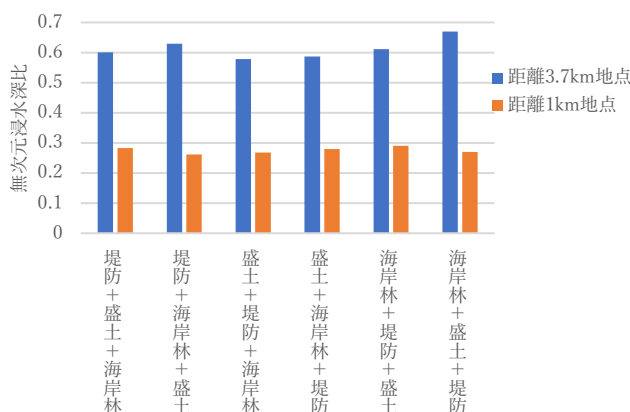
- 1) 森林保全・管理技術研究会：津波と海岸林に関する調査研究事業（平成22年度調査報告書），pp93-120,2012.
- 2) 国土交通省 HP <http://www.milt.go.jp>
- 3) 飯村耕介，田中規夫，原田賢治，谷本勝利：海岸堤防と海岸樹林の組み合わせによる津波減災効果に関する数値計算，海洋開発論文集，vol25,pp69-74,2009.
- 4) 田中規夫・八木澤順治・飯村耕介・近藤康太，「津波による海岸林および流出家屋が家屋被害に与える影響」，土木工学論文集B2(海岸工学)，vol.68, No.2, pp301-305, 2012.
- 5) 張瑞豊，信岡尚道，「津波減衰に及ぼす盛土幅と底面摩擦に関する考察」第46回土木学会関東支部技術研究発表会，2019.
- 6) 砂川拓巳，信岡尚道，「海岸林密度と盛土高の変化に伴う津波の流速減衰の定量評価」第44回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，2017.



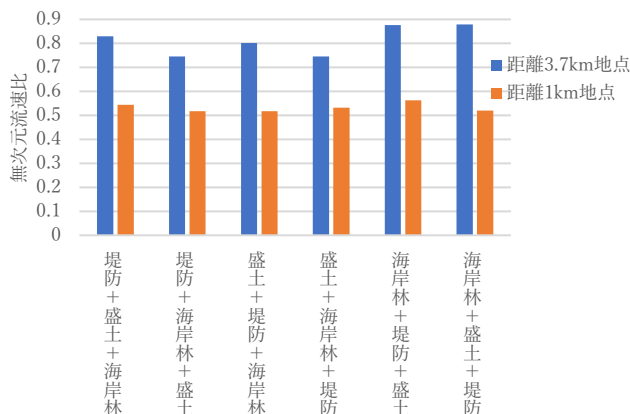
(a) 最大浸水深の岸沖分布(汀線付近)



(b) 最大流速の岸沖分布(汀線付近)



(c) 無次元浸水深比



(d) 無次元流速比

図3.1 組み合わせ順の違いによる比較