

堤防・盛土・海岸林の組み合わせによる津波減衰効果の比較・検討

茨城大学 学生会員 上原 瑞季

1. 研究の背景・目的

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、想定を超える規模の津波が襲来し、甚大な被害を受けた。これを受け、計画規模を超える津波に対する粘り強い構造の海岸堤防の整備が課題となり、堤防や盛土、植生を一体的に組み合わせる「緑の防潮堤」が注目されたりが、組み合わせによる津波減衰効果の研究は少なく、知見が不十分であるといえる。

そこで、本研究では津波減衰効果として、浸水深や流速に加え、遡上高や浸水域を取り上げ、津波数値計算を行う。仮定の単純地形を用いて堤防や盛土、海岸林の津波減衰効果、組み合わせによる津波減衰効果を研究した後、茨城県大洗町の地形を用いて実際の地形における組み合わせによる津波減衰効果を研究する。遡上高や浸水域を研究することから、標高が上昇する地形が適していると考え、対象地域を選定した。

2. 津波数値計算

2.1 計算方法

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

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

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

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

ここで、 x, y, t : 平面、時間座標、 η : 水位、 D : 全水深、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度、 M, N : 流量、 τ_{bx} , τ_{by} : 底面摩擦応力、 F_{tx}, F_{ty} : 単位面積当たり樹木による抵抗力、 E_{vx}, E_{vy} : 渦粘性力の x, y 方向成分である。

キーワード 堤防 盛土 海岸林 組み合わせ 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

表-1 単純地形モデルにおける計算条件

格子 間隔	空間 [m]	10	津波	高さ [m]	9
	時間 [s]	0.1		周期 [min]	40
[m]	破壊	単独		組み合わせ	
	倒伏	高さ	幅	高さ	幅
堤防	有無	3,6	10	4.5	10
盛土	無	9,12	50,100,	6	200
海岸林	有無	津波<	150,200	津波<	
		胸高直径 [m]	0.15	密度 [本/m ²]	0.2
マニングの粗度係数				0.025	

表-2 茨城県大洗町地形モデルにおける計算条件

津波	高さ [m]	3	5	7	9
	周期 [min]	5	10	20	40
[m]	破壊	組み合わせ			
	倒伏	高さ		幅	
堤防	有	4		10	
盛土	無	7		150	
海岸林	有	津波<			

2.2 計算条件

(1) 単純地形モデル

計算条件を表-1に示す。地形モデルは飯村ら⁴⁾、津波は想定を超える規模として東北地方太平洋沖地震の観測記録⁵⁾、海岸林の胸高直径や密度は飯村ら²⁾、マニングの粗度係数は国土交通省¹⁾を参考に設定した。汀線より陸側に堤防、背後に盛土および海岸林を配置した。

(2) 茨城県大洗町地形モデル

計算条件を表-2に示す。地形モデルは茨城県の津波シミュレーション用地形データを参考に設定し、その他の計算条件は単純地形モデルと同様とした。

2.3 計算結果

ここでは、茨城県大洗町地形モデルを用いた津波高が7m、周期が20minの条件における組み合わせによる津波減衰効果を図-1から図-4に示す。

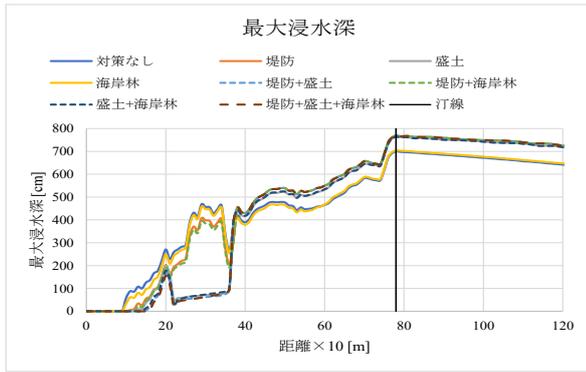


図-1 組み合わせによる最大浸水深

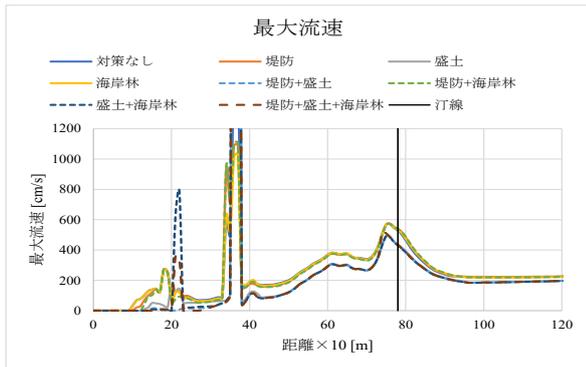


図-2 組み合わせによる最大流速

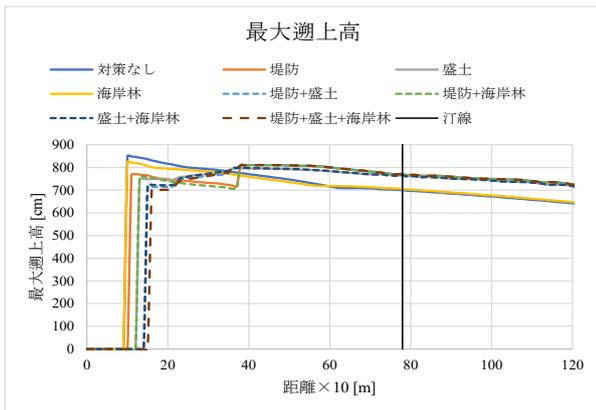


図-3 組み合わせによる最大遡上高

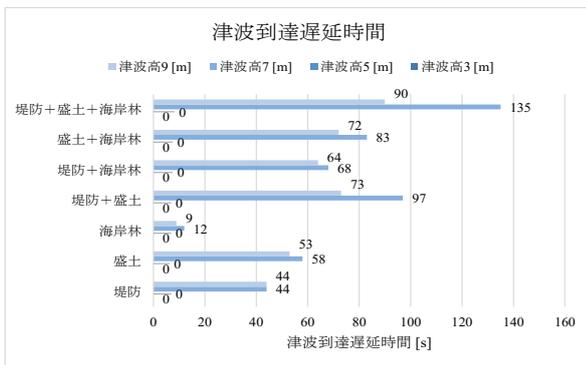


図-4 組み合わせによる津波到達遅延時間

3. 結論

堤防は高さ、海岸林は幅による津波減衰効果が発揮されるが、破堤や倒伏によってあまり期待できなくなる。盛土は幅より高さによる津波減衰効果が発揮され

る。また、海岸林は胸高直径や密度による津波減衰効果が発揮され、200 mの幅があることで胸高直径による津波減衰効果は倒伏による影響を受けない。

堤防と盛土の組み合わせは津波減衰効果が発揮されるが、破堤によって期待できなくなる。堤防と海岸林の組み合わせは津波減衰効果があまり発揮されないが、破堤や倒伏によって期待できなくなる。盛土と海岸林の組み合わせは倒伏が生じて、海岸林を盛土の上部に配置することで津波減衰効果を発揮する。堤防および盛土、海岸林の組み合わせは配置による津波減衰効果の違いが生じ、堤防の背後で海岸林を盛土の上部に配置することで津波減衰効果が最大限に発揮される。津波の条件が同様の場合、組み合わせによる津波減衰効果について仮定の地形と実在の地形で同様のことがいえる。また、津波の条件が小さいほうが組み合わせによる津波減衰効果が発揮される。

ここで、津波到達時間を取り上げると、実在の地形では破堤や倒伏が生じて、組み合わせによる津波到達遅延時間が発生し、遅延効果が発揮される。

本研究の津波数値計算から得られた成果は実験を行う等、妥当性を確かめる必要がある。また、地形や津波、堤防や盛土、海岸林等の条件によっては異なる結果が得られることも考えられるため、様々な条件を考慮して実験と併せて数値計算を行いながら、地域ごとに適した対策を講じることが重要であると考えられる。

4. 参考文献

- 1) 国土交通省 HP : <https://www.mlit.go.jp/> (2021年5月21日閲覧)
- 2) 飯村耕介, 田中規夫, 池田祐一: 樹木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, pp.I_401-I_405, 2013.
- 3) 灘岡和夫, 八木宏: 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, 1993.
- 4) 飯村耕介, 田中規夫, 谷本勝利, 田中茂信: 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, 2009.
- 5) 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震による港湾施設等被害報告 : www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0798pdf/ks079805.pdf (2021年10月21日閲覧)