

土砂侵食を考慮した砂丘による津波防御効果の検討

茨城大学院 学生会員 ○椎名 啓
茨城大学 正会員 信岡 尚道

1. 背景と目的

2011年東北地方太平洋沖地震を背景に沿岸防災では減災対策の見直しが行われている。本報告では津波減災施設として海岸砂丘に着目する。砂丘は背後地の津波浸水被害を低減すると指摘されており¹⁾、コストや環境面から津波防御や二線堤への利用に効果を挙げる可能性がある。一方で、津波越流時には侵食を生じることが示唆されており²⁾、実際に侵食事例³⁾が報告されている。津波被害の予測には数値実験が用いられ、土砂侵食モデルも提案されている⁴⁾。しかし、砂丘を対象とする検証は行われておらず、複数の津波規模への防御効果の評価には至っていない。

本報告では津波土砂移動モデルを使用して数値実験を行い、将来的に複数の津波規模に対する砂丘の津波防御機能の評価と砂丘地形を複合的に利用した津波防護施設における津波減災効果の推定を行うことを目的とする。また、本報告では砂丘侵食を考慮することによって背後地被害に与える影響を明らかにする。

2. 計算手法

本報告で用いる津波土砂移動計算は流体を扱う流水計算部分と土砂移動による地形変化を扱う流砂計算部分から成る。本モデルの流水計算部分では非線形長波方程式を用い、leap-frog法によって差分化する。

津波に起因する土砂移動では、砂粒の巻き上げによって浮遊砂の挙動が卓越する。本モデルの流砂計算部分には浮遊砂の効果をモデル内に導入した高橋ら⁴⁾の土砂移動モデルに基づく流砂モデルを使用する。流砂計算の支配方程式を式(1)から式(4)に示す。

$$\frac{\partial Z_B}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial q_{Bx}}{\partial x} + w_{ex} \right) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{C}_s M}{\partial x} - w_{ex} + \frac{\partial \bar{C}_s h_s}{\partial t} = 0 \quad (2)$$

$$q_B = \alpha \sqrt{sgd^3} \tau_*^{3/2} \quad (3), \quad w_{ex} = \beta \sqrt{sgd} \tau_*^2 - w_0 \bar{C}_s \quad (4)$$

ここに λ は砂粒の空隙率、 Z_B は基準面からの底面高さ、 q_B は掃流砂量、 \bar{C}_s は平均浮遊砂層濃度、 h_s は浮遊砂層厚、 w_0 は沈降速度、 τ_* はシールズ数、 s は砂粒の水中比重、 d は流砂の粒径、 α と β は定数である。また、 w_{ex} は掃流砂層と浮遊砂層間の交換砂量である。また、流砂計算部分では実際の現象と数値実験の流速値の乖離によって数値不安定が生じることを防ぐために、フルード数が2より大きくならないように流速の上限値を設定した。その他の計算条件は表1に示す。

3. 砂丘の津波防御効果

3.1 対象領域と条件

計算領域は茨城県神栖市沿岸の岸沖断面を対象とし、津波規模や砂丘・堤防の有無によって浸水範囲に与える影響を比較した。図1は計算に使用した地形の模式図である。陸域には国土地理院が所有する5mメッシュ数値標高データ、海域には1/60勾配斜面と水深30mの水平部を組み合わせた地形を設定した。

3.2 津波規模の設定

津波土砂移動計算に用いる津波規模には砂丘の破壊

表1 津波土砂移動計算の諸元

項目	計算条件	項目	計算条件
空間格子間隔	5 m	越流条件	本間(1940)
格子数	1843	入射条件	sin波, 周期45分
時間ステップ	0.05 sec	境界条件	自由透過
計算時間	1時間半	粒径	0.2mm
粗度係数	0.025 sec/m ^{1/3}	係数	$\alpha = 5.0$
遡上条件	岩崎・真野(1979)		$\beta = 6.0 \times 10^{-5}$

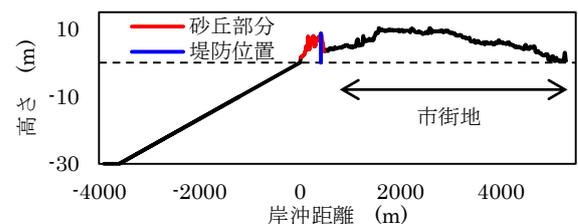


図1 対象岸沖断面

キーワード 海岸砂丘, 津波, 土砂移動, 数値計算

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部 E-mail:9iba.hji@gmail.com

に至るような既往最大を超える津波まで考慮するために極値統計を利用して再現期間ごとの津波高を設定した。対象領域である神栖市沿岸では過去の津波資料が少ないことから鍋谷⁵⁾が行った大洗における再現確率津波高算定と浸水計算の結果を利用して、大洗における再現期間ごとの津波高を数値計算から求めた大洗沿岸(水深 8.6m)と神栖沿岸(水深 8.0m)の代表地点の最高水位の比で補正することで表 2 に示す神栖沖代表地点の再現期間ごとの津波高を設定した。

3. 3 各津波規模での比較

図 2 は砂丘を有する地形、砂丘のない地形、砂丘を堤防に置き換えた地形における津波規模と遡上距離の関係である。ここで砂丘のない地形は砂丘表法尻から裏法尻の水平距離 460m の間を直線で結び低平地を仮定した地形、堤防に置き換えた地形は砂丘のない地形に対して最大砂丘高さと同じ 8.66m の堤防を配した地形である。堤防は汀線から水平距離 415m 陸側の地点に配置し、越流した際に堤防が破壊するとした。図 2 より、津波高よりも砂丘高・天端高が高い再現期間 2000 年程度の津波までは砂丘によって背後地への浸水を防御している。また、堤防では設置位置の関係で砂丘よりも遡上距離が長いが堤防前面で同様に津波を防いでいる。一方、再現期間 5000 年程度の津波ではいずれの防御施設を用いても背後地への浸水を許しているが、堤防を利用した場合に比べて砂丘がある場合では遡上距離がおおよそ 1/2 に低減されている。この際に砂丘が頂部および裏法尻の侵食を生じるものの砂丘地形の一部が残存しているため、越流を許した場合にも砂丘状地形が残存すれば浸水範囲を低減する可能性がある。

図 3 は土砂移動の有無を比較した場合の津波規模と遡上距離および最大遡上距離到達時間の関係である。ここで、再現期間 5000 年程度の津波以外では遡上距離に変化がない。また、再現期間 5000 年程度の津波でも距離の差が 5m と小さい。一方で、最大遡上高に至るまでの経過時間を比較すると越流を許した再現期間 5000 年程度の津波では到達時間に 7 分の差が生じた。

4. 結論

対象の神栖市では砂丘高より小さい津波高に対して堤防と同様に背後地への越流を防御する効果があることが明らかとなった。また、既往最大を越える津波に対しても背後地の浸水を低減する傾向が示された。さ

表 2 津波の諸元

再現期間 (年)	津波高 (m)
5000	10.05
2000	7.15
1000	5.56
500	4.35
200	3.19
100	2.55

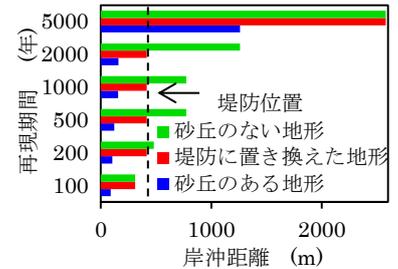


図 2 津波規模と遡上の関係

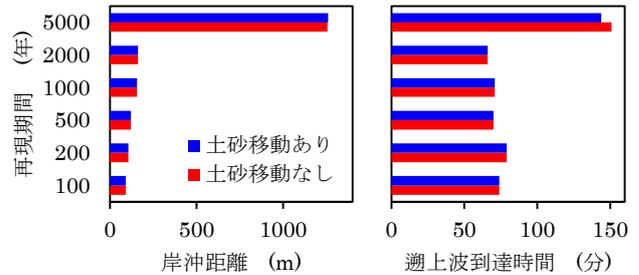


図 3 土砂移動の有無による影響

らに、侵食を考慮することで津波到達時間が危険側に評価されることが示された。今後は既存の砂丘を利用した二線堤の効果について検討する。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 25350503(基盤研究(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法」)の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 前川俊明, 二瓶泰雄, 中田遥香: 海岸砂丘・盛土による津波減災効果の検討, 土木学会論文集 B1, Vol.69, No.4, pp.1453-1458, 2013.
- 2) 柳嶋慎一, 中村聡志, 伴野雅之, 山田雅仁: 東北地方太平洋沖地震による波崎海岸における津波の遡上と地形変化, 土木学会論文集 B2, Vol.67, No.2, pp.236-240.
- 3) Antonio Mascarenhas, Seelam Jayakumar: An environmental perspective of the post-tsunami scenario along the coast of Tamil Nadu, India: Role of sand dunes and forests, Journal of Environmental Management 89, pp.24-34, 2008.
- 4) 高橋智幸, 首藤伸夫, 今村文彦, 浅井大輔: 掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, 第 46 巻, pp.606-610, 1999.
- 5) 鍋谷泰紀: 極値統計の不確実性を考慮した確率的ハザードマップ, 平成 24 年度茨城大学修士学位論文, pp.56-57, 2013.