

## 海岸砂丘背後の防潮堤に作用する津波衝撃波力の解析 Analysis of Tsunami Impact Force on Seawall behind Coastal Dune

○奥谷哲也・平石哲也

○Tetsuya OKUTANI・Tetsuya HIRAISHI

When a tsunami occurs, coastal dunes can influence on the wave force. Its variation should be considered for the tsunami-resistant design of seawall. The research target is the impulsive tsunami force. In the hydraulic experiment, the bore created by broken solitary wave flows over the dune and then impacts on the seawall. The purpose of the research is to clarify the effects of dune shape and suspended sediment on the tsunami force. Then, the numerical simulation by OpenFOAM has been conducted to complement the experimental conditions. In the simulation, experimental channel is reproduced in 2D, and turbulent model is installed. The change of maximum tsunami force due to dune parameters has been investigated.

### 1. はじめに

国内の沿岸部においては、静岡県御前崎市の沿岸部のように防潮堤の海側に海岸砂丘が存在する場合がある。前川ら（2013）による東日本大震災後の調査では、海岸砂丘によって背後地における浸水高が低減されていたことが明らかになっており、砂丘が津波のエネルギーを減衰させることが示唆されている。その一方で中村ら（2018）による数値計算では、津波に浮遊砂が含まれる場合に、津波先端部による衝撃波力が増大し、その割合は水塊密度の増加分以上であることが示されている。背後の構造物に作用する津波波力に関して、松山ら（2015）は長周期を有する波を用いて実験を行い、防潮壁に作用する津波の最大波力に対しては汀線部の盛土の影響は小さいことを示している。ただし現状、砂丘存在下における衝撃的な波力を対象とした研究は少ない。そこで本研究では、孤立波段波を用いた水理模型実験により、海岸砂丘が津波波力に及ぼす影響を調べた。さらに数値計算によって砂丘諸元の異なる条件に対する検討を行い、海岸砂丘が波力減勢効果を発揮するための条件および効果的な防潮堤の設置位置を調べた。

### 2. 実験概要

実験には京都大学防災研究所宇治川オープンラボラトリーの津波再現水槽を使用し、水路内に砂丘模型とその背後に防潮堤模型を設置した(図-1)。模型は縮尺 1/80 で、現地量で砂丘高さ 6m, 防潮堤高さ 20m, 津波高 10~15m を想定している。防

潮堤模型は前面には小型圧力計を鉛直方向に7つ並べて設置し、計測された波圧を鉛直方向に積分することで波力を算出した。入射波は入力波高 12.5cm の単発の孤立波であり、造波にはピストン式造波装置を用いた。

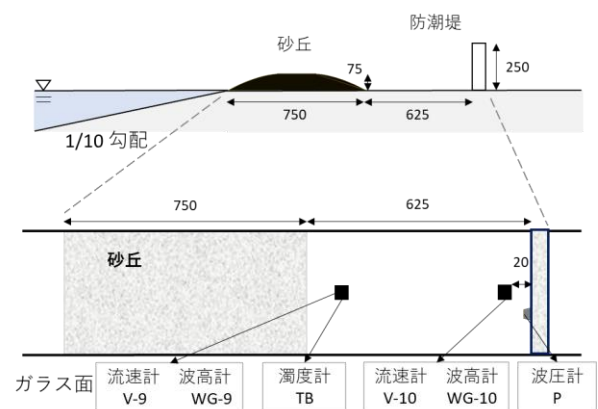


図-1 実験水路

実験条件は表-1に示すように、汀線部の地形を平坦条件、固定床（コンクリート製砂丘）、移動床（珪砂製の砂丘）とした。移動床条件では砂が巻き上げられて浮遊砂が発生する一方、固定床条件では浮遊砂は発生しない。平坦条件は3試行、固定床および移動床条件は各5試行実験を行った。

表-1 実験条件

汀線部の 地形	平坦	NS
	固定床	FS
	移動床	MS（中央粒径 0.20mm） MS'（中央粒径 0.11mm）
防潮堤位置	汀線から 1375mm	

### 3. 実験結果

図-2に各地形において発生した最大波力の比較を示す。右縦軸は平坦条件3試行の平均値に対する比である。図-3には、FEMAの流体力の評価式を参考に、各実験に対して計測値から運動エネルギーのオーダー $\rho V^2 h$ を算出した結果を示す。

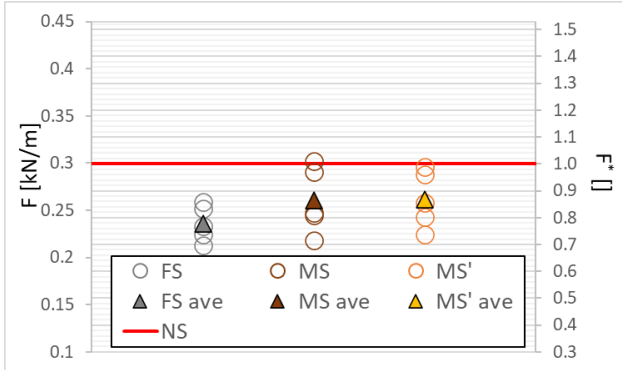


図-2 各地形における最大波力

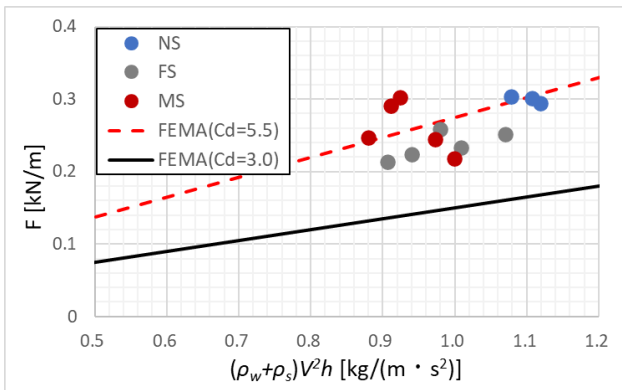


図-3 運動エネルギーによる評価

砂丘の有無で比較すると、砂丘が存在する場合に評価式の直線に沿って波力が低下していることから、砂丘が段波の運動エネルギーを低減させたことで波力が低下したものと考えられる。また、図-2の移動床における波力に着目すると、浮遊砂が発生しない固定床と比較すると1.2倍程度に増大しているものの、平坦条件と比較すると低減されていることから、海岸砂丘は総合的に見て動的波力に対する減勢効果を発揮するものと考えられる。

### 4. 数値計算の方法および結果

表-2に計算条件を示す。本研究においてはOpenFOAMを使用して、津波再現水槽の断面を2次元で再現することで数値計算を行った。格子幅は防潮堤前面を最小の5×5mmとし、そこから離れるごとに粗く設定した。図-4に固定床条件における最大波力発生時刻の波圧分布の比較結果を示す。pは計算における全圧、p\_rghは動圧である。

表-2 計算条件

解析手法	有限体積法
ソルバー	InterFoam
造波方法	DynamicMesh
入力波	孤立波 (単発)
最大クーラン数	0.8
計算格子幅 (mm)	x (岸沖方向) : 5~50 z (鉛直方向) : 5~19
乱流モデル	RANS (標準 k-ε 法)

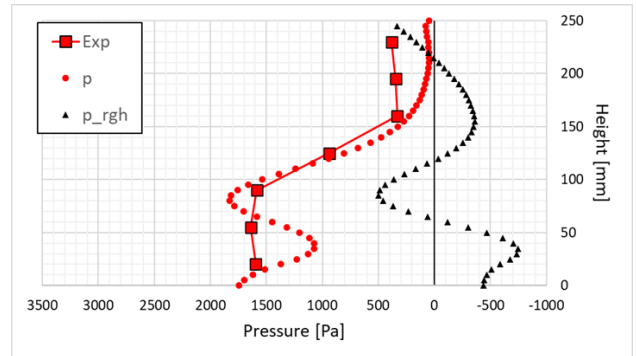


図-4 波圧分布の比較

計算結果では底面と高さ80mm付近の2か所で波圧がピークを取るような分布となっているが、これは動圧によるものと考えられる。それ以外の点における波圧は概ね一致した。

図-5に砂丘長さが異なる条件における最大波力の比較結果を示す。横軸は汀線から伸びた砂丘の長さであり、図中の黒丸は実験結果(平坦および固定床)を表している。防潮堤は赤線で示した1350mmの位置に存在する。平坦条件と比較して、砂丘長さ1000mm以下では波力が低減されるものの、それを越えるとかえって波力が増大している。これは砂丘が堤体前まで伸びていることで反射波が遮られ、水が溜まりやすくなるためであると考えられる。以上のことから砂丘から一定距離において防潮堤を設置するのが好ましいと考えられる。

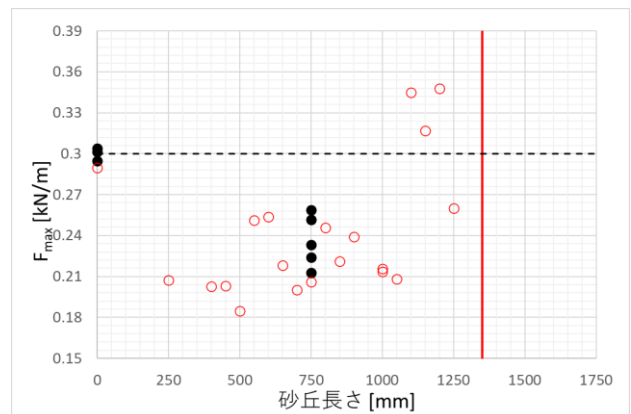


図-5 砂丘長さによる波力の変化