

防潮堤に作用する津波に対する海岸砂丘の効果に関する実験 Experimental Study on the Effect of Coastal Dune against Tsunami Action to Seawall

○奥谷哲也・平石哲也・岩田奏

○Tetsuya OKUTANI・Tetsuya HIRAISHI・So IWATA

When a tsunami occurs, geographical features have influence on the characteristics of wave pressure. Its variation should be considered for the tsunami-resistant design of seawall. In this research, the hydraulic experiments are carried out under the condition that dune is installed on the seaside of the seawall, and the condition that flat terrain exists between shoreline and seawall instead of the dune. The purpose of this research is to clarify how the dune terrain influences on the tsunami wave force acting on seawall. Furthermore, the experiment has been conducted on 2 type of dune, which are made of different materials, concrete and silica sand. Then, we have investigated the relationship between the suspended load from the dune and wave force.

1. はじめに

国内の沿岸部においては、汀線と防潮堤との間に海岸砂丘が存在する場合がある。2011年の東北地方太平洋沖地震の際、海岸砂丘には越流量の低減などの減災効果があることが確認されている(前川ら, 2013)。一方で、中村ら(2018)による数値シミュレーションから、浮遊砂が発生する場合、水塊密度の増加により津波先端部の波力が増大することが示されており、砂丘の存在が沿岸構造物にとってのリスクとなる可能性がある。砂丘地形と津波波力の関係に関して、松山ら(2012)は長周期を有する波を用いた実験を行い、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。以上のように、海岸砂丘には漂流物の捕捉や越流量の低下等の減災効果があるものの、背後の構造物に作用する津波波力に対する影響は不明確である。そこで、本研究では砂丘地形そのもの、および浮遊砂が津波波力に及ぼす影響を調べる水理実験を行った。

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)。防潮堤模型は縮尺 1/50 で、高さ 25.0cm 長さ 8.0cm である。模型前面には圧力センサーを鉛直方向に 7 点並べて張り付け、作用する津波波圧の測定を行った。また、水平床部分には波高計と流速計に加えて濁度計を設置し、通過する津波に含まれる

土砂の濃度を測定した。砂丘模型は高さ 7.5cm、底部の長さ 75.0cm とし、海側の先端が汀線に来るよう設置している。

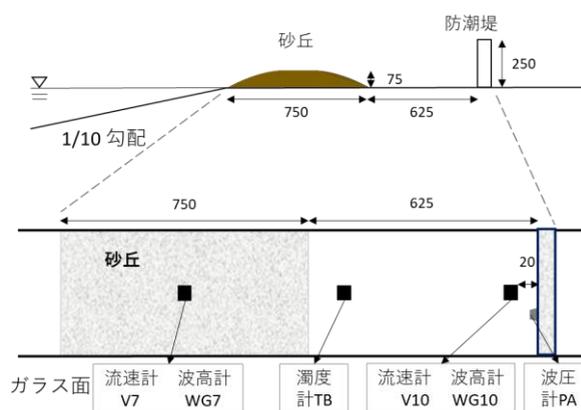


図-1

実験条件を表-1 に示す。本実験では、2種類の波浪を使用した。1つは津波再現水槽のピストン式造波装置を用いた単発の孤立波である。2つ目は小さな孤立波と同時に流れ発生装置による水位上昇を発生させることにより、実際の津波に近い波形を再現した条件であり、長波と定義した。いずれの波も入射波高 12.5cm とした。防潮堤前面の地形に関しては、砂丘がなく平坦な地形、固定床(コンクリート製砂丘)、移動床(珪砂製の砂丘)で検討を行った。砂丘なしの条件は各 3 試行、固定床および移動床の条件は各 5 試行実験を行った。

3. 実験結果

3. 1. 波力の定義

図-2 に孤立波および長波(MS, ML)による波力

表-1 実験条件

	波浪(H=12.5cm)	珪砂粒径	表記
砂丘なし	孤立波	-	NS
	長波	-	NL
固定床(コンクリート砂丘)	孤立波	-	FS
	長波	-	FL
移動床	孤立波	$d_m=0.20\text{mm}$	MS
	孤立波	$d_m=0.11\text{mm}$	MS'
	長波	$d_m=0.20\text{mm}$	ML

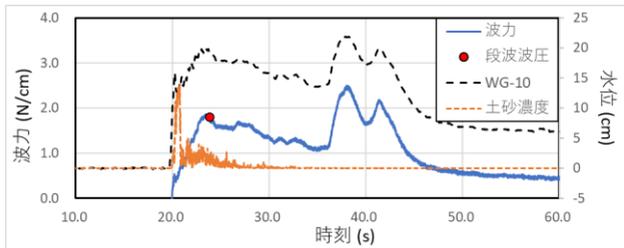
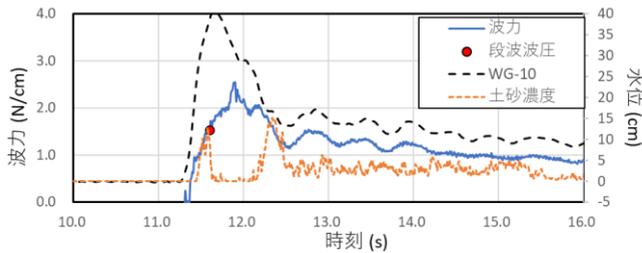


図-2 孤立波および長波による波力

を示す。図中には堤体前水位(WG-10)と濁度計 TB で計測された土砂濃度を併記している。津波波力は作用波圧を高さ方向に積分することにより算出した。津波波力の内、津波先端部が到達した際に発生した波力を段波波圧とし、全時間における波力の最大値を最大波力と定義した。なお、時刻は造波開始を 0s としている。孤立波の場合、堤体前水位の変化と波力の変化は必ずしも一致していない。一方で長波の場合、波力変化が水位に対応しており、防潮堤前に溜まった水塊の静水圧により力を受けていることがわかる。

3. 2. 砂丘地形の効果

図-3 に孤立波および長波による段波波圧に関して、砂丘の有無による比較を示す。図中に示す直線は砂丘なしの場合の平均であり、孤立波、長波いずれも 2.0N/cm 程度であった。丸印が各試行



図-3 砂丘条件による段波波圧の比較

で得られた波力であり、三角は 5 試行の平均である。孤立波に関しては砂丘地形により段波波圧が低減しており、砂丘のない場合に比べて 2~3 割の低減が見られた。また、波力は $FS < MS' < MS$ となっていることから、孤立波先端部に土砂が含まれることにより段波波圧が増加していることが想定される。長波に関しては、NL と FL における差異はなく、砂丘地形そのものが波力に及ぼす影響は小さかった。ML に関しては、NL および FL と比較して波力が 2 割程度低下している。ただし、堤体前流速(V-10)を確認すると、FL の 48cm/s に対し ML は 44cm/s 程度と低下していた。このことから、底面が珪砂であることによる摩擦係数の増加により流速および段波波圧が減少したものと考えられる。なお、本実験において、最大波力に関しては砂丘地形の有無による変化は見られなかった。

3. 3. 浮遊砂の影響

津波波力に対して浮遊砂の影響が見られた孤立波の条件に関して、土砂濃度と波力の関係について検討を行う。図-2 から、孤立波の場合には段波波圧発生時刻の付近で土砂濃度がピークを取っていることがわかり、浮遊砂が波力に影響したものと考えられる。一方で長波は作用時間が長いために、段波波圧が発生する時刻には土砂濃度のピークを過ぎており、浮遊砂の影響が生じなかった。図-4 に最大土砂濃度と波力の関係を示す。MS と MS' を比較すると、最大土砂濃度は全体的に MS の方が大きく、中央粒径の大きな MS の方が浮遊砂の体積は多いという結果になった。 $d_m=0.20\text{mm}$ の珪砂を用いた MS に限っては、最大土砂濃度と段波波圧の間に比例関係が見られた。また、図中の破線は FS の条件の波力に、土砂による水塊密度増加分の比を乗じたものである。この結果から、段波波圧に関しては、浮遊砂による密度増加分以上に波力が増大する場合があることが確認できた。

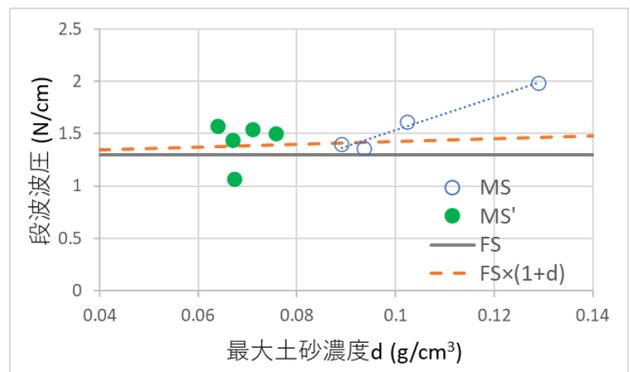


図-4 最大土砂濃度と段波波圧の関係