

# 防潮堤裏法尻の洗掘孔が防潮堤と海岸林による多重防護の津波減災に与える影響

宇都宮大学大学院 学生会員 ○高橋 勇貴  
宇都宮大学 正会員 池田 裕一

宇都宮大学 正会員 飯村 耕介  
宇都宮大学大学院 学生会員 佐藤 夏海

## 1. はじめに

古くから海岸林が持つ津波減勢効果については、首藤<sup>1)</sup>の研究をはじめとして多くの研究が行われてきた。一方、東北地方太平洋沖地震津波のようなレベル 2 津波に対しては、防潮堤、海岸林、砂丘や運河などの複数の対策を組み合わせた多重防護による対策が必須である。防潮堤や海岸林の研究は数多く行われており、また運河の津波減災効果について、渡邊<sup>2)</sup>は貞山運河を対象とした水理模型実験を行い、運河による津波減災効果を明らかにした。一方、津波が防潮堤を越流すると、背後に洗掘孔が形成されるが<sup>3)</sup>、この洗掘孔を含めた多重防護下における津波減災効果については明らかになっていない。

本研究では、防潮堤と海岸林を基本とした多重防護の水理模型実験により、第 1 波によって防潮堤裏法尻に生じた洗掘孔が第 2 波以降の津波減災に与える影響について検討し、特に洗掘孔の影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

実験は幅 0.3m、高さ 0.4m、水路長 10m の水平床の水路に図-1 に示すような防潮堤模型、海岸林模型、洗掘孔模型を設置し、ゲート急開法（ゲート上流側水深 15cm）を用いて段波を発生させ、水位、遡上高及び海岸林模型への作用力を測定した。水位測定はサーボ式水位計を用いて、海岸林への作用力測定は SSK 社製の 2 分力計を用いて、それぞれ水路横断方向の中央地点で測定した。また、遡上高を測定するために勾配 1/10 の斜面模型を水路の下流端部に設置し、斜面上を遡上する段波の遡上距離から遡上高を算出した。

海岸林模型は Tanaka<sup>4)</sup>のクロマツの調査結果を参考に縮尺約 1/100 を想定し、直径 0.2cm のアクリル製円柱を密度 0.1372 本/cm<sup>2</sup> となるように中心間距離 2.7cm 間隔で正方形配置とした。防潮堤模型は天端幅 3.0cm で、法面勾配を 1/2 とし、高さ  $H=3.0\text{cm}$ 、 $5.0\text{cm}$  に対して底面幅をそれぞれ  $W_{cb}=15\text{cm}$ 、 $23\text{cm}$  とした。洗掘孔模型については、既往研究<sup>5)</sup>から得た洗掘深を求め、常田・谷本<sup>3)</sup>の調査結果から最大洗掘幅と洗掘深の比を安全側に考慮した値である 0.27 (=洗掘深/最大洗掘幅)

を用いて作成した。洗掘孔模型の概要を表-1 に示す。なお、初期条件として洗掘孔模型内に水が溜められている場合を第 2 波以降の津波襲来を想定したもの、水が溜められていないものを掘状構造物として多重防護の構造物の一部と考えている。実験ケース一覧を表-2 に示す。

## 3. 実験結果および考察

図-2 に最高水位の空間分布を示す。図-2 (a)より、防潮堤高さ  $H=5\text{cm}$  の場合の方が、防潮堤前面での水位が高いことから、防潮堤によるせき止め効果が大きいことが確認できる。また、図-2 (b)より、洗掘孔によって

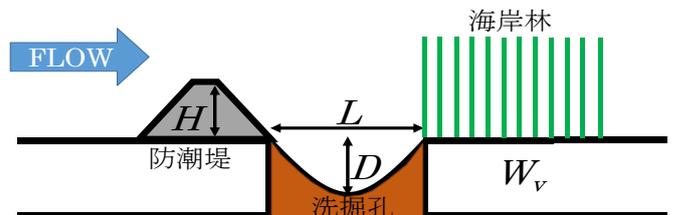


図-1 実験模型の配置方法

表-1 洗掘孔模型概要

洗掘孔タイプ名	防潮堤高さ(cm)	洗掘幅 L(cm)	洗掘深 D(cm)	海岸林模型の有無
typeA-1	3	30	8	無
typeA-2		11	3	有
typeB-1	5	33	9	無
typeB-2		26	7	有

表-2 実験ケース一覧

Case No.	防潮堤模型 (cm)	洗掘孔模型	海岸林模型	備考	
1	無し	無し	無し	/	
2			有り		
3	無し				
4	無し				
5	有り				
6	有り				
7	$H=3$	有り	無し	洗掘孔内に水を溜めておく	
8	$H=5$		無し	洗掘孔内の水を抜いておく	
9	$H=3$		有り	有り	洗掘孔内に水を溜めておく
10	$H=5$			有り	洗掘孔内の水を抜いておく
11	$H=3$			有り	洗掘孔内に水を溜めておく
12	$H=5$			有り	洗掘孔内の水を抜いておく
13	$H=3$			有り	洗掘孔内に水を溜めておく
14	$H=5$			有り	洗掘孔内の水を抜いておく

キーワード 津波、海岸林、防潮堤、多重防護、洗掘孔

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学 TEL.028-689-6214

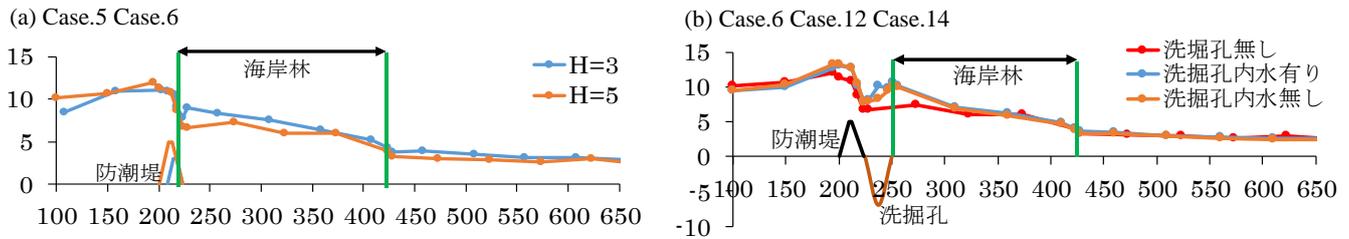


図-2 最高水位の空間分布(cm)

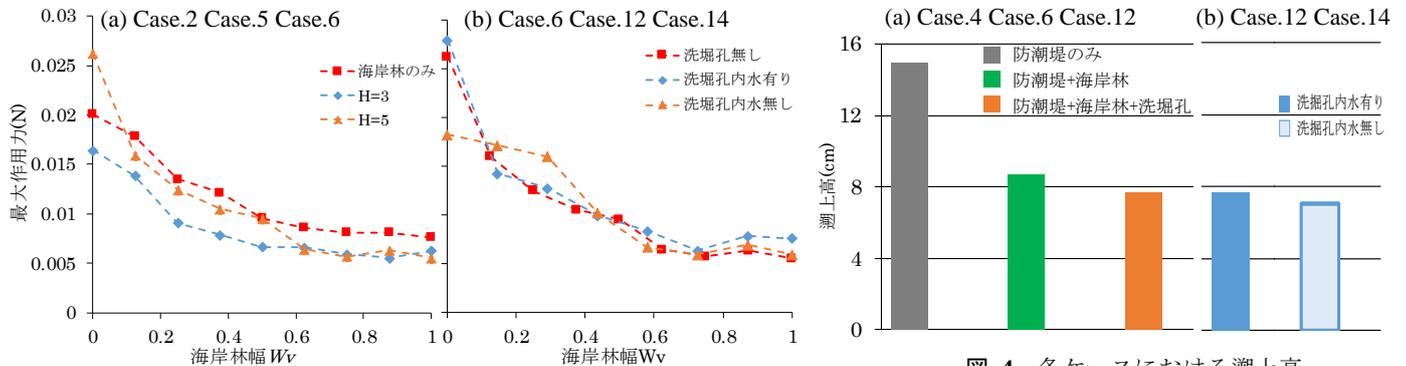


図-3 海岸林模型への最大作用力

図-4 各ケースにおける遡上高

水位が上昇していることが確認できる。これにより、流速の低減が期待できる。洗掘孔内の水を予め抜いてある場合では、洗掘孔内に水を予め溜めてある場合と比べ、最高水位が若干低くなっていることから、堀状構造物による貯留効果が期待できる。

図-3 に海岸林模型への作用力の測定結果を示す。図-3(a)より、防潮堤高さ  $H=5$  の場合、海岸林前面において  $H=3$  の場合と比較して作用力大きいことが確認できる。一方、図-3(b)を見ると、防潮堤法尻の洗掘孔にあらかじめ水が溜まっていない堀状構造物を想定したケースでは、海岸林前面での作用力が低減していることが確認できる。

図-4 に遡上高の測定結果を示す。図-4(a)から、海岸林を配置した場合は配置していない場合と比べ、遡上高は半分程度となることが確認できた。これにより、海岸林による津波のエネルギー減勢効果が期待できる。また、洗掘孔が防潮堤裏法尻にある場合では、海岸林幅が減少しているにもかかわらず、遡上高が低くなることを確認できる。図-4(b)では、洗掘孔内の水をあらかじめ抜いておく場合の方が、洗掘孔内にあらかじめ水が溜まっている場合に比べ、遡上高が低くなっていることが確認できる。したがって、堀状構造物を多重防護に組み込むことにより、津波のエネルギー減勢が図れると推測できる。

#### 4. まとめ

防潮堤裏法尻の洗掘孔が防潮堤と海岸林による多重防護に与える影響について、水理模型実験により明ら

かにした。洗掘孔が防潮堤裏法尻にある場合、洗掘孔地点での水位上昇がみられ、越流時の流速の低減に期待できることが分かった。また、堀状構造物を防潮堤と海岸林の間に配置することで、海岸林への作用力を抑えられ、さらに、遡上高の低減も期待でき、背後地域への被害を軽減させられることが分かった。

**謝辞**：本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金（若手研究（B）16K16373）の支援により実施されました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 首藤伸夫: 防潮林の津波に対する効果と限界, 第32回海岸工学講演会論文集, pp.465-469, 1985.
- 2) 渡邊峻, 三上貴仁, 柴山知也: 貞山運河の津波減衰効果に関する実験的研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 71, No.2, pp.I\_301-I\_306, 2015.
- 3) 常田賢一, 谷本隆介: 2011年東北地方太平洋沖地震の現場調査による防潮堤などの津波被害特性, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 68, No.2, pp.I\_1406-I\_1410, 2012.
- 4) Norio Tanaka, Junji Yagisawa, Satoshi Yasuda: Breaking pattern and critical breaking condition of Japanese pine trees on coastal sand dunes in huge tsunami caused by Great East Japan Earthquake. Nat Hazards (2013) 65:423–442
- 5) 飯村耕介, 佐藤夏海, 池田裕一: 防潮堤背後の海岸林が津波越流時の洗掘現象に与える影響に関する実験, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 74, No.2, pp.I\_343-I\_348, 2018.