

越流した津波による洗掘に蛇籠工が与える効果の実験的研究

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○谷口淳也  
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村友昭, 趙 容桓  
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷法美

**1. はじめに**：2011年3月11日に東北地方太平洋沖地震津波が発生して以降、沿岸域を中心とした我が国の防災の在り方は劇的に変化した。特に、1000年に1度襲来するクラスの大規模な津波に対しては、津波が海岸堤防を越流した後も、減災効果を粘り強く発揮することが求められている。加藤ら(2014)は、被災した海岸堤防の大半を占める原因に、海岸堤防裏法尻における背後地盤の洗掘現象を挙げ、その対策について、洗掘深を抑制し、洗掘を堤体から遠ざける効果を有する粘り強い海岸堤防の構造を示した。中村ら(2015)は、海岸堤防裏法尻の洗掘対策工の有効性について数値解析を行い、袋詰玉石工には洗掘を堤体から遠ざけ、最大洗掘深を抑制する効果があることを示している。本研究では、袋詰玉石工に類する蛇籠工を用いた水理模型実験を実施し、蛇籠工が有する洗掘対策効果について検討する。

**2. 実験概要**：図-1に、本研究で使用した循環式水平開水路（長さ6.0m、幅0.30m、高さ0.29m）の概略図を示す。水路内部には深さ0.10mの砂地盤を造成し、その上に縮尺1/50の海岸堤防模型（高さ0.10m、天端幅0.05m、法面勾配1/2）を設置して実験を行った。砂地盤および海岸堤防の中詰材は中央粒径約0.2mmの硅砂6号とし、海岸堤防は不透過な木製の被覆が施されている。海岸堤防を越流する津波は、水路端部からのポンプによる給水で調整されており、水量はポンプの起動台数にのみ依存している。また、越流時間が約30秒（現地換算で約3分半）となるように作動時間を調節した。通水時には、デジタルアンプ分離式超音波センサ（Omron社製）を用いて、堤体前後と天端中央で水位の計測を行った。ここで、後述する最大越流水深は、堤体沖側の最大水位から堤体の高さを引いた値として定義した。また、一眼レフカメラ（Panasonic社製）を用いて裏法尻周辺の砂地盤を動画撮影し、越流開始時を0秒として10秒ごとの変化をキャプチャした。その後、抽出画像から洗掘の断面形状を抽出した。表-1に実験条件を示す。同表に示すように、最大越流水深を2通り変化させた。また、裏法尻の洗掘対策として蛇籠工（岸沖方向の長さ40mm、沿岸方向の長さ120mm、高さ20mm）を設置し、比較として対策なしのケースを実施し、計4ケースとした。蛇籠工は、目合い約0.3mmのジオグリッド（プラスチックネット）をナイロン製の糸で縫合し、中詰材として6号碎石（9.5mmふるい残留分）を充填した。蛇籠を設置する場合には、海岸堤防の裏法尻のすぐ岸側に、岸沖方向に4列、沿岸方向に4列の計16個の蛇籠を、表面が砂面と同じ高さとなるように砂の中に埋めて実験を行った。

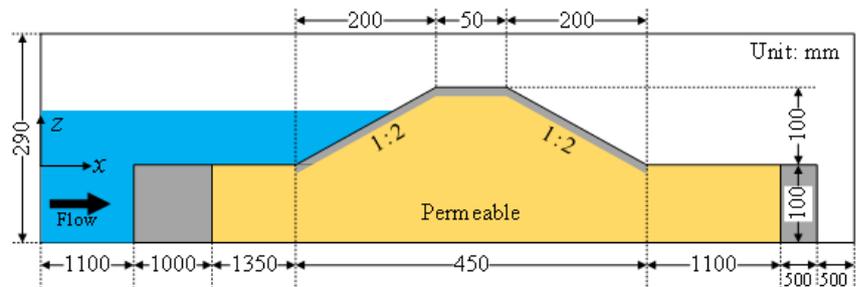


図-1 水路の概略図

表-1 実験ケース表

Case	Flow rate (m <sup>2</sup> /s)	Max. overflow depth (mm)	Overflow period (s)	Countermeasures
N-1	0.00134	38.3	30	No
N-2	0.00260	56.3		No
G-1	0.00134	38.3		Gabions
G-2	0.00260	56.3		Gabions

また、越流時間が約30秒（現地換算で約3分半）となるように作動時間を調節した。通水時には、デジタルアンプ分離式超音波センサ（Omron社製）を用いて、堤体前後と天端中央で水位の計測を行った。ここで、後述する最大越流水深は、堤体沖側の最大水位から堤体の高さを引いた値として定義した。また、一眼レフカメラ（Panasonic社製）を用いて裏法尻周辺の砂地盤を動画撮影し、越流開始時を0秒として10秒ごとの変化をキャプチャした。その後、抽出画像から洗掘の断面形状を抽出した。表-1に実験条件を示す。同表に示すように、最大越流水深を2通り変化させた。また、裏法尻の洗掘対策として蛇籠工（岸沖方向の長さ40mm、沿岸方向の長さ120mm、高さ20mm）を設置し、比較として対策なしのケースを実施し、計4ケースとした。蛇籠工は、目合い約0.3mmのジオグリッド（プラスチックネット）をナイロン製の糸で縫合し、中詰材として6号碎石（9.5mmふるい残留分）を充填した。蛇籠を設置する場合には、海岸堤防の裏法尻のすぐ岸側に、岸沖方向に4列、沿岸方向に4列の計16個の蛇籠を、表面が砂面と同じ高さとなるように砂の中に埋めて実験を行った。

**3. 実験結果および考察**：図-2に実験で得られた海岸堤防の天端中央における水位変動の時間変化を例示する。上述したように、越流開始時を0秒（ $t=0s$ ）とした。同図より、越流開始直後から水位は急激に上昇し

$T = 15$  s あたりで水位の上昇は緩やかになったことが分かる. 図中には N-1 および N-2 における水位変動のみを示したが, 他のケースにおいても水位変動は同様の傾向を示した.

図-3 に対策工を設置しないケースにおける, 洗掘形状の時間変化を示す. 同図中の黒塗りは海岸堤防の位置を示している. 図 3 より, 全ての時刻において, 越流量が多いほど最大洗掘深が大きく, 洗掘幅も広いことが確認できる. また, いずれのケースにおいても, 越流開始 10 秒から 20 秒の間に洗掘が最も進行している. 上述したように, 越流開始 30 秒後に越流量が急激に減少するため, それ以降洗掘形状に大きな変化は見られず定常状態となっている.

図-4 に, 蛇籠工を設置したケースにおける最終洗掘形状 ( $t = 40$  s) の比較を示す. 同図中の灰色の部分には蛇籠工の初期位置を示している. いずれのケースにおいても, 蛇籠工を設置することで, 最大洗掘深を抑制し, 洗掘を堤体から遠ざける効果があることが分かる. これは, 越流した津波が蛇籠内部を通過する際にエネルギーが減少し, 流速が低下したためと考えられる. また, 蛇籠工の位置は初期位置から大きく変化することはなかった. ただし, G-2 のケースにおいては, 蛇籠工の下部の砂地盤が吸い出されたために, 蛇籠工が若干の沈下が見られた.

**4. おわりに:** 本研究では, 越流した津波による洗掘に蛇籠工が与える効果を水理模型実験により検討した. その結果, 本研究の範囲では蛇籠工には洗掘を堤体から遠ざけ, 最大洗掘深を抑制する効果があることが判明し, 粘り強い構造としての効果を有することが確認できた. 今後は, 他の対策工との比較を行うとともに, 数値解析を用いて再現計算を行うなど, さらなる検討を重ねる所存である.

**参考文献:** [1] 加藤史訓・諏訪義雄・鳩貝聡・藤田光一 (2014): 津波の越流に対して粘り強く減災効果を発揮する海岸堤防の構造検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 70, No. 1, pp. I\_31-I\_49. [2] 中村友昭・日比野加奈・趙容桓・水谷法美・小竹康夫 (2015): 東北地方太平洋沖地震津波による海岸堤防裏法尻の洗掘と対策工の有効性に関する数値解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 71, No. 2, pp. I\_1099-I\_1104.

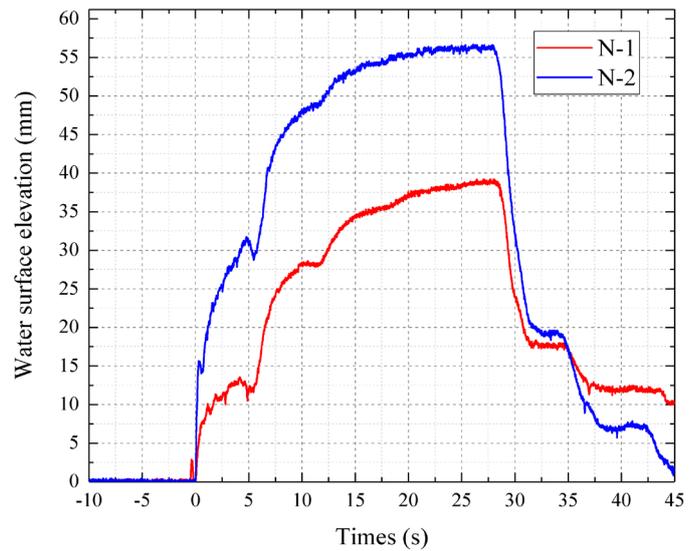


図-2 天端中央における水位変動

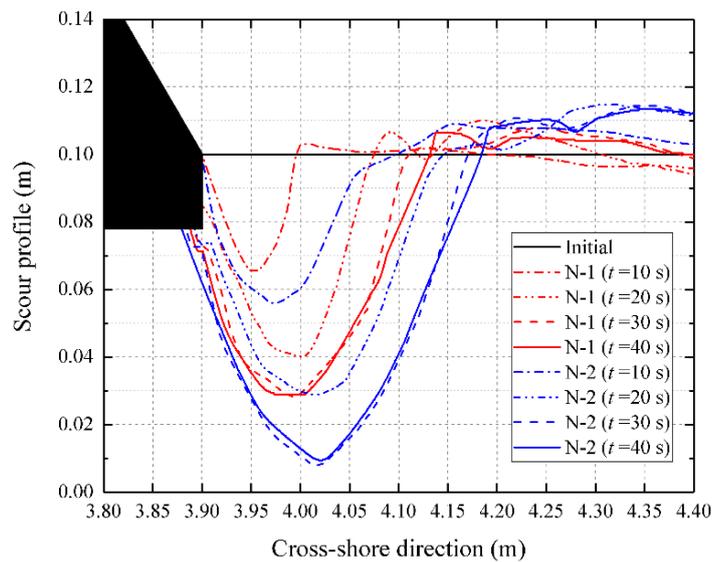


図-3 洗掘形状の時間変化 (対策なし)

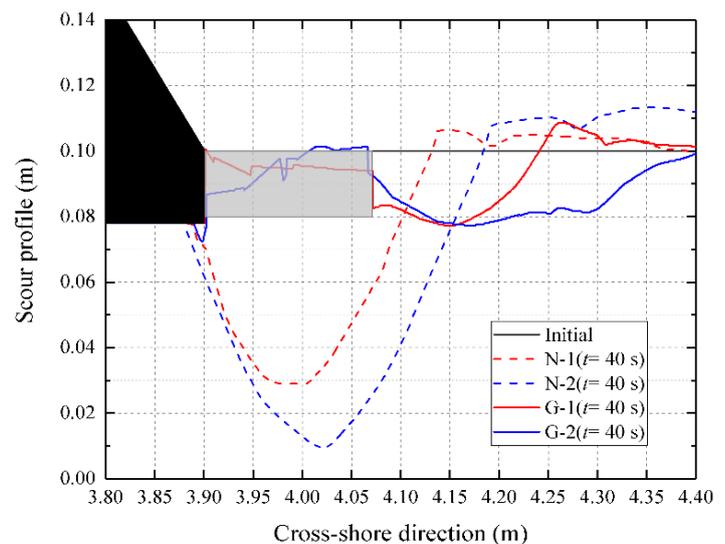


図-4 最終洗掘形状 (蛇籠工設置,  $t = 40$  s)