

津波越流時における海岸堤防裏法尻の洗掘と流速低減効果に関する水理実験

東北大学大学院 学生会員 ○金子 祐人

東北大学大学院 正会員 三戸部 佑太

東北大学大学院 正会員 会田 俊介

東北大学大学院 フェロー会員 田中 仁

東北大学大学院 正会員 小森 大輔

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により、太平洋沿岸の各地で津波の越流による海岸堤防の被災が発生した。堤防破壊の主要な原因として、津波越流により海岸堤防裏法尻に発生した洗掘孔から堤防内の土砂が吸い出されることにより、裏法面が破壊され、全壊に至ることが報告されている（Kato et al, 2012）。一方で、洗掘孔により陸側の津波流速が低減する効果が指摘されている（常田・谷本, 2012）。本研究では、水理実験により堤防裏法尻の洗掘過程と洗掘孔背後の流速低減効果について検討を行った。

2. 実験方法

縮尺 1/60 の海岸堤防模型（高さ:12.5cm, 実スケール高さ:7.5m）を設置した延長 4.5m, 幅 15cm の水平勾配開水路を用いて実験を行った（図-1）。裏法尻の基礎工以降は、粒径 0.34mm の砂層とし、移動床で実験を行った。また、海岸堤防の形状は法面勾配 1:1.5 および、1:2 の 2 パターンを行った（図-2, 表-1）。水路全体をビデオカメラで撮影し、洗掘孔形状の時間変化を画像より取得した。現地スケールで 10 分間の津波越流を想定し、越流開始から 80 秒間撮影している。また、堤防裏法尻から下流側 80m（現地スケール）の位置で測定した水深をもとに陸側での断面平均流速 U を算定した。これを洗掘のない水平床条件での流速 U_0 と比較することで次式により流速の低減率を求め、洗掘の大きさや越流条件と流れ場・流速低減効果の定量的な関係を調べた。

$$Rr=(U_0-U)/U_0 \quad (1)$$

3. 結果

ケース 1,1',1''においてビデオカメラより撮影された動画から取得した底面形状の 1 秒ごとのプロットを図-3 に示す。洗掘孔の発達の日間変化や越流から 80 秒後

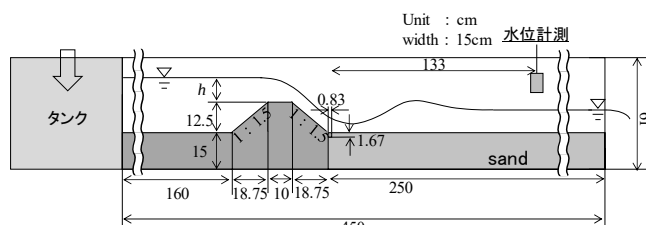


図-1 実験水路

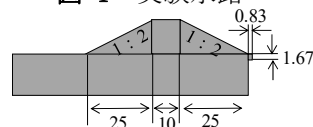


図-2 堤防模型

表-1 実験ケース

case	法面勾配	越流水深h(cm)	天端高(cm)
1	1:1.5	3.33	12.5
1'	1:1.5	3.33	12.5
1''	1:1.5	3.33	12.5
2	1:1.5	5.00	12.5
3	1:1.5	8.33	12.5
4	1:2	3.33	12.5
5	1:2	5.00	12.5
6	1:2	8.33	12.5

の洗掘孔の形状は概ね一致している。得られた洗掘孔の形状より洗掘孔の形状を表すパラメータとして定めた、 D と L の時間変化を図-4 に示す。 D は初期地盤高からの洗掘孔の最大深さ、 L は法尻から洗掘孔の底面が再び初期地盤高になるまでの地点の距離である。 L の大きさは概ね単調増加であるが、 D の大きさは振動しながら増加していくことが確認できる。これは発生する流れ場のタイプにより洗掘孔の埋め戻しが発生するためである。法尻を通過した後の流れが下に沈み込むタイプでは深さは大きくなり、法尻を通過した後に跳水を起こすタイプでは、跳ねた水が落下する地点において洗掘が発生し、削られた砂が水路上流へと戻り埋め戻しが発生する。3 ケースを比較してみると、 D の大きさの振動が起こるタイミングは異なるものの、流れ場の遷移と洗掘孔の発達の関係は同じであり、深さの振動の幅もほぼ一致していた。よって、この実験における

Key word ; 津波, 海岸堤防, 洗掘孔, 移動床

連絡先〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 環境水理学研究室 Tel 022-795-7453 Fax 022-795-7453

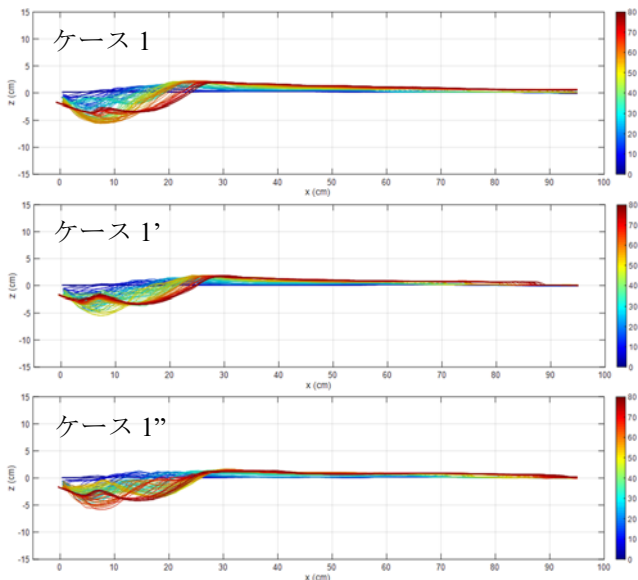


図-3 ビデオカメラから取得した底面形状

結果は流れ場の遷移するタイミングは異なるものの洗掘孔の発達過程と流れ場の遷移を再現できているといえる。図-5 に勾配が異なり越流水深の等しいケース、図-6 に勾配が等しく越流水深の異なるケースの D と L の時間変化を示す。勾配が急になると D の値は大きくなるが L の値に明瞭な差は見られなかった。勾配が等しく越流水深が異なるケースにおいては、越流水深が大きくなるほど D, L 共に大きくなることがわかった。ケース 1 の流量が安定している時刻(40~80sec)において法尻から 80m 地点における津波流速の低減率を算出した(図-7)。流れ場の変化を含む時刻(図-7 の青枠部)であったが、値は 60%程度で安定していた。この値は著者らによる既往実験の結果とも概ね一致しており、流れ場のタイプによって低減率に明瞭な差が無いという結果とも一致した。

4. まとめ

本研究では、移動床で津波越流時の洗掘孔形状の時間変化の計測と流速低減効果の計測を行い、それぞれについて、流れ場の遷移と併せて議論した。洗掘孔の発達過程と法尻周辺の流れ場には深く関係があることが分かった。また、堤防の形状の違いによる洗掘孔の発達の特徴も把握することが出来た。低減率については、ケース 1 の流量の安定した時刻についてのみ算出し、著者らの既往実験における固定床の結果と概ね一致した。今後の展望として、津波流速の低減効果についてのみでなく、エネルギーの減衰について検討するとともに、現地スケールにおける検討が必要である。

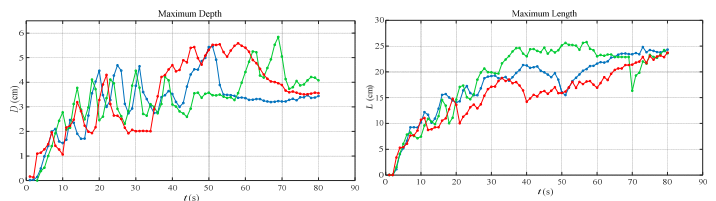


図-4 ケース 1,1',1''の D, L の時間変化

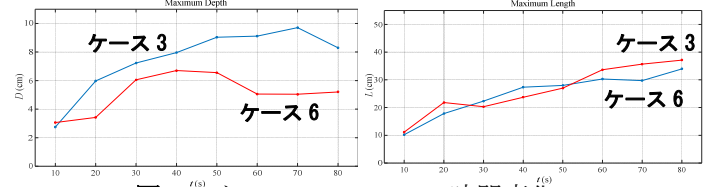


図-5 ケース 3,6 の D, L の時間変化

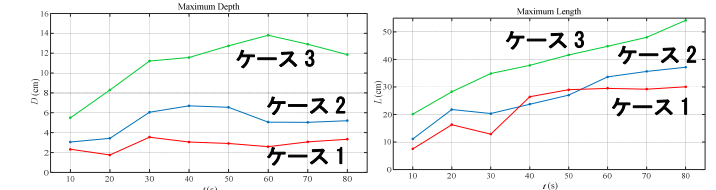


図-6 ケース 1,2,3 の D, L の時間変化

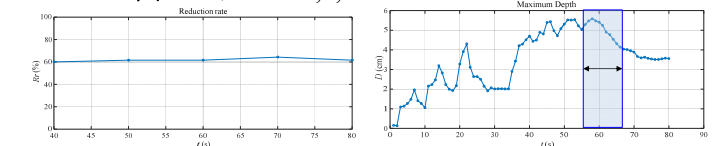


図-7 ケース 1 の D, R_r の時間変化

参考文献

- 1) Kato, F., Suwa, Y., Watanabe, K., and Hatogai, S.: Mechanism of coastal dike failure induced by the Great East Japan Earthquake Tsunami, *Proc. 33th Int. Conf. on Coastal Engineering*, Santander, ASCE, 9pages, 2012.
- 2) 常田賢一, 谷本隆介: 2011 年東北地方太平洋沖地震における土盛構造の耐津波特性および落掘の形成特性, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol. 68, No.4, pp.I_1091-I_1112, 2012.
- 3) 金子祐人, 三戸部 佑太, 乙志 和孝, 黒澤 辰昭, 田中 仁, 小森 大輔: 海岸堤防裏法尻の洗掘孔内の流れ場と流速低減効果に関する水理実験, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 72, No.2, pp.I_913-I_918, 2016.