

津波越流による堤防裏法尻の洗掘孔の大きさと流れ場に関する実験

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 新日鐵住金株式会社 正会員 乙志 和孝
新日鐵住金株式会社 正会員 黒澤 辰昭 東北大学大学院 正会員 小森 大輔
東北大学大学院 フェロー会員 田中 仁

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を行うことで、洗掘孔の大きさが流れ場と津波流速の低減効果へ与える影響を観察した。

2. 実験方法

縮尺 1/60 の海岸堤防模型 (高さ:12.5cm, 法面勾配:1/1.5, 実スケール高さ:7.5m) を設置した延長 4.5m, 幅 15cm の水平勾配開水路の堤防下流側に固定床で洗掘された底面を再現し、ビデオカメラで撮影した (図-1)。固定床で再現する底面は、津波越流時の海岸堤防背後に生じる洗掘に関する水理模型実験 (三戸部ら, 2014) の洗掘過程のデータを元に作成した。越流水深 $h=5\text{m}$, 8m (現地スケール) のケースにおいて取得した底面形状の時間変化が図-2a である。この取得した底面を、洗掘孔の最大深さ D と法尻からの洗掘孔の幅 L で正規化すると、時刻によらずほぼ相似な形状をとっていることが分かる (図-2b)。そこで、その平均形状を用いて洗掘孔の大きさを変化させて実験を行うことで、洗掘孔の大きさと流れ場、低減率の関係について検討を行った。 D/L の値は、越流水深 $h=5\text{m}$, 8m における平均値である 0.260 を与え、幅 L は 11.25m, 20m, 30m 与えて底面形状を作成した。また洗掘の生じていない初期底面も作成し、それぞれの形状に対して越流水深 $h=2\text{m}$, 5m , 8m で実験を行い、計 12 ケース実験を行った。また、法尻から 40m, 80m の地点において水位を

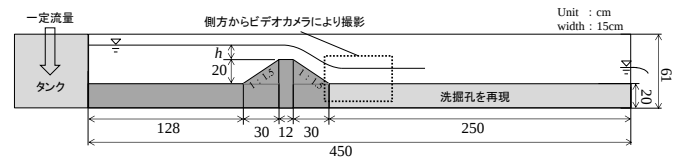


図-1 実験水路

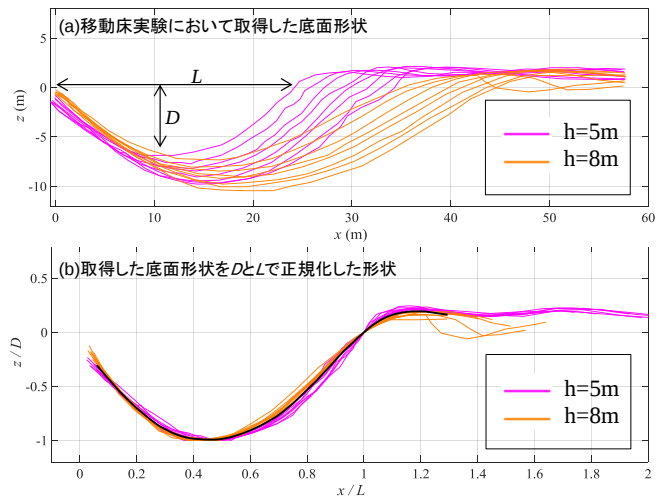


図-2 移動床実験において取得した底面形状と D と L で正規化した形状

計測し、水路下流端にて計測した流量から各ケースでの断面平均流速 U を求めた。これを洗掘孔が発生していないケースの断面平均流速 U_0 と比較し、流速の低減率 $Rr: (U_0 - U)/U_0$ を算出した。

3. 結果

堤防法尻周辺における流れ場は 3 タイプに分類することが出来る (金子ら, 2015)。タイプ 1 は、法尻通過後に流れが沈み込むタイプ (図-3a)。タイプ 2 は法尻通過後に跳水を起こすタイプである (図-3b)。タイプ 1 と 2 では洗掘孔内で反対方向の水平渦が生じており、底面近くの流れの向きが反転している。タイプ 3 は水路下流側へと向かう流れのみのタイプである。これまでの水理実験においては、洗掘の発生していない底面においてのみ確認されていたが (図-3c)、本実験においては洗掘孔がある場合においてもタイプ 3 が確認さ

Key word ; 津波, 海岸堤防, 洗掘孔

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

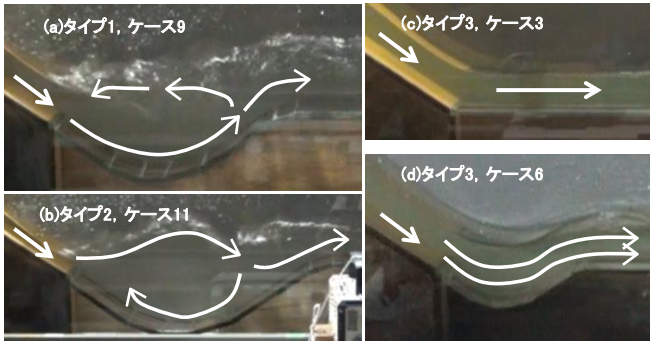


図-3 各流れ場を示す実験ケースの画像

表-1 各ケースの実験条件と計測結果

ケース	h (m)	L (m)	D (m)	U_{40} (cm/s)	U_{80} (cm/s)	Rr_{40} (%)	Rr_{80} (%)	タイプ
4	2	11.25	2.925	32.3	39.3	72.4	55.8	2
5	5	11.25	2.925	103.1	113.6	41.8	27.7	3
6	8	11.25	2.925	163.5	152.4	10.6	14.5	3
7	2	20	5.2	32.2	34.1	72.5	61.5	2
8	5	20	5.2	60.4	63.9	65.9	59.4	1
9	8	20	5.2	82.8	84.9	54.7	52.3	1
10	2	30	7.8	31.4	31.7	73.1	64.3	2
11	5	30	7.8	60.1	61.6	66.1	60.8	2
12	8	30	7.8	88.9	114.2	51.4	35.9	2

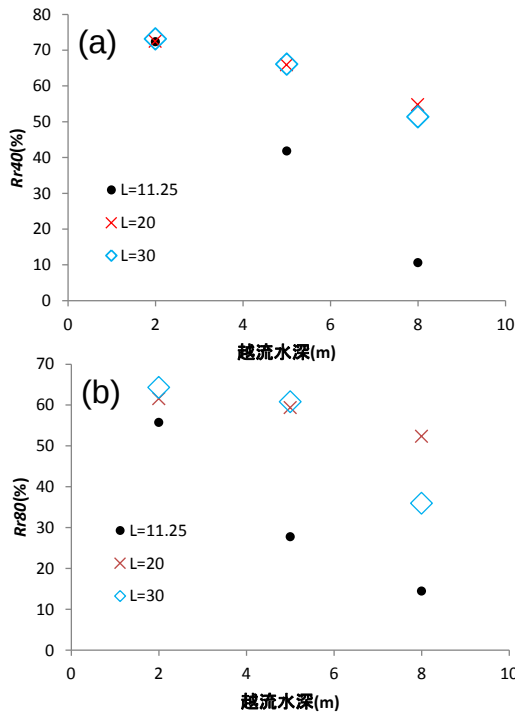


図-4 Rr と越流水深の関係

れた(図-3d)．各ケースにおける実験条件と、各ケースにおける法尻から40m, 80m地点における流速 U_{40} , U_{80} と低減率 Rr_{40} , Rr_{80} の値を表-1に示す．また、越流水深 h と低減率 Rr_{40} , Rr_{80} とのそれぞれの関係を図-4a, bに示す．越流水深 $h=2m$ において、低減率 Rr_{40} についてはどの幅 L の大きさでも70%以上の値を示している．低減率 Rr_{80} についても、どの幅 L の大きさでも60%程度の値を示している．また低減率 Rr_{40} , Rr_{80} はともに越流水深 h が大きくなるにつれ値が小さくなる傾向が全ての幅 L の値において確認された．三つの幅 L の値のうち、最も小さい幅 $L=11.25$ は特にその傾向が顕著であ

ったが、越流水深 $h=8m$ のケースにおいても10%程度の低減率 Rr を確認できた．幅 $L=20$ と幅 $L=30$ の低減率 Rr_{40} を比較すると越流水深 h との関係はほとんど同じであることが確認できた．しかし越流水深 $h=8m$ の低減率 Rr_{80} は、幅 $L=30$ の方が幅 $L=20$ より低い値を示している．これは幅 $L=20$ における水位は洗掘孔後部から水路下流端まで大きな変化が見られないのに対し、幅 $L=30$ における水位は洗掘孔後部で一時的に堰き上げられ大きくなり、水路を流下する過程で再び水位が小さくなっているためであると考えられる．このことから、一概に幅 L の値を大きくしていけば低減率 Rr の値が大きくなるとは言えないということが分かる．

4. まとめ

大きさの異なる洗掘形状を用いて実験を行った結果、 $h=2m$ についてはどの L の洗掘孔も60%以上の Rr を取ることが確認できた． $h=8m$ と大きくなると $L=11.25$ において、 Rr は10%まで小さくなるが、 $L=20, 30$ においては40~50%程度の低減率をもつことを確認できた．また、孔の大きさが小さいものの方が Rr の値が大きくなる場合も確認され、一概に L の値を大きくしていけば Rr の値が大きくなるとは言えないことを確認した．

参考文献

- 1) 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, pp.I_1091-I_1112, 2012.
- 2) 三戸部佑太，Mohammad Bagus Adityawan, 田中 仁，河原俊哉，黒澤辰昭，乙志和孝：津波越流により生じる海岸堤防裏法尻の洗掘現象に関する実験，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.70, pp.I_976-I_980, 2014.
- 3) 金子祐人，三戸部佑太，田中仁：海岸堤防裏法尻の洗掘孔の津波流速低減効果に関する水理実験，土木学会第70回年次学術講演会講演概要集，II-186, 2015.
- 4) Kato, F., Y. Suwa, K.Watanabe and S. Hatogai (2012): Mechanism of coastal dike failure induced by the Great East Japan Earthquake Tsunami, Proc. of 33rd Int. Conf. on Coast. Eng., 9 pages.