

## 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

東北大学大学院環境科学研究科 学生会員 ○金子 祐人  
 東北大学大学院工学研究科 正会員 三戸部 佑太  
 東北大学大学院工学研究科 フェロー会員 田中 仁

### 1. 序論

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。特に被害の大きかった岩手、宮城、福島の3県では、海岸堤防300kmのうち約190kmが全壊、半壊したと報告されている。堤防破壊の主要な原因として、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、小型水路における水理実験を行い、粒子画像流速計測法(PIV)を用いて洗掘孔内部の流れ場を計測し、洗掘孔背後における流速の低減効果について検討を行う。

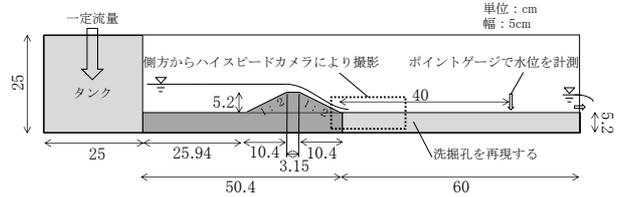


図-1 実験で使用した水路

表-1 各 case における実験条件

	越流開始からの時刻		越流水深 h		洗掘孔の大きさ	
	現地換算値 (min)	現地換算値 (m)	実験値 (cm)	深さ (cm)	幅 (cm)	
case1	2.5	2.0	2.0	1.9	13	
case2	4.2	2.0	2.0	2.78	14.5	
case3	5.1	2.0	2.0	2.55	14.7	
case4	0	2.0	2.0	0	0	
case5	2.5	2.9	2.9	3.5	14	
case6	5.1	2.9	2.9	2.82	20.1	
case7	10.2	2.9	2.9	4.76	24.3	
case8	0	2.9	2.9	0	0	

### 2. 実験方法

縮尺 1/100 の海岸堤防模型(高さ:5.2cm, 法面勾配2:1, 実スケール高さ:5.2m)を設置した延長110.4cm, 幅5cmの水路の堤防下流側に固定床で洗掘された底面を再現した(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移動床実験(三戸部ら, 2014)の洗掘過程の底面形状データより、越流水深および越流開始からの時刻が異なる8ケース採用する(表-1)。また、基礎を含む堤防法尻から40cm(現地換算:40m)の場所で計測した水位と、流量から、洗掘孔背後における各 case での断面平均流速を求めた。

また本研究では、粒子画像計測法(PIV)を用いて洗掘孔内部の流れ場の計測を行う。水路に蛍光粒子を混ぜた水を流す様子を、水路の下方よりシート状の光を当てながら、水路側方よりハイスピードカメラを用いて撮影する。洗掘孔内に4mm間隔の格子点上に計測点を設定し、さらに計測点を中心としたウィンドウと、探索範囲をウィンドウの周囲に設定する。次の時刻の画像の同一の計測点の探索範囲より、ウィンドウと画像相関係数の高い画像を検出する。これらの画像間の中心間の距離が周辺の粒子群の2フレーム間での移動距離

$\Delta x$ であり、画像間の時刻の差 $\Delta t$ で割ることによりその計測点における流速  $u = \Delta x / \Delta t$  を計算する事が出来る。本実験におけるウィンドウのサイズは $41 \times 41$ pixel, 画像探索範囲は $83 \times 83$ pixel とする。本実験の設定では1pixelが0.2mmであるので、ウィンドウと探索範囲実際の大きさは、それぞれ $8.2 \times 8.2$ mm,  $16.6 \times 16.6$ mmとなる。また、撮影間隔は500fpsと設定としたので、 $\Delta t$ は0.002秒となる。

### 3. 結果と考察

本実験では、各時刻における各画像間の流れ場について求める事に加え、各計測点における平均流速を求め考察を行う。PIV計測結果をから、各 case における流れ場のタイプを次の3タイプに分類できることが分かった。type1は、法尻通過後に流れが下に沈み込み、底面の形状に沿うように大きい流速を持つものである(図-2a)。このタイプでは、洗掘孔後部において流れが下流へ向かうものと、上向きの流速を持ち上流へと戻り、渦を形成する流れに分岐する。type2は、法尻通過直後に跳水して斜め上方向の流速を持つタイプであり(図-2b)、落下点においてそのまま下流へ向かうものと、下に沈

キーワード: 津波, 海岸堤防, 洗掘, PIV

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 022-795-4916 Fax 022-795-4916

表-2 各 case における流れ場のデータ

	タイプ	水深 (cm)	流量 (cm <sup>3</sup> /s)	洗掘孔の背後における断面平均流速 (cm/s)	低減率 (%)
case1	type1	2.31	214	18.5	67.5
case2	type2	1.66	214	25.8	54.8
case3	type2	1.79	214	23.9	58.1
case4	type3	0.750	214	57.1	0
case5	type2	1.81	431	47.6	37.0
case6	type1	2.40	431	35.9	52.5
case7	type2	2.40	431	35.9	52.5
case8	type3	1.14	431	75.6	0

み込み上流に戻り渦を形成する流れに分岐する。また洗掘が生じていない平坦な底面上では跳水が生じず、水平方向の流れのみが生じている (図-2c)。分類を含む、各ケースにおけるデータを表-2 に示す。断面平均流速については、どの case においても洗掘が起きていない場合(case4, case8)と比較すると低い値が出ているが、流れ場のタイプによる洗掘孔背後の断面平均流速には明瞭な特徴は見られなかった。それぞれの越流水深における、type3 の洗掘孔背後の断面平均流速と比較した低減率は、高いものでは70%近くになるものもあり、低いものでも40%程度の低減率である。case5 (図-3) の流れ場はtype2 に分類したが、他の3 ケースと比較すると法尻通過後の跳水が水平に近くなっており、そのため低減率が低くなっていると思われる。跳水の角度が水平に近づくと、洗掘孔背後における断面平均流速が大きくなる傾向が確認できた。

4. まとめ

津波越流による海岸堤防裏法尻に発生する洗掘孔内部の流れ場を計測し、それらの違いにより3 ケースに分類出来ることを確認した。洗掘孔の幅や深さ等と、洗掘孔背後の断面平均流速に明瞭な関係は確認することは出来なかったが、洗掘孔により平均で53.7%の低減効果があることが確認できた。越流水深ごとに平均をとると、越流水深2.0cm においては60.2%、越流水深2.9cm においては47.3%となり、越流水深が小さい方が低減率が大きくなる傾向がみられる。タイプ毎に見るとtype1 における平均は60.0%、type2 における平均は50.6%となり、type1 の方が低減率が大きくなる傾向が示唆される。またtype2 については、洗掘孔背後における断面平均流速が大きくなる場合の傾向を確認する事が出来た。本研究の今後の展望として、複雑な洗掘孔の形状を単純化することにより各ケースを比較しやすくし、幅や深さ、洗掘孔の斜面における傾斜等の、流速の低減の要因になり得るものとの関係性を調査していく。

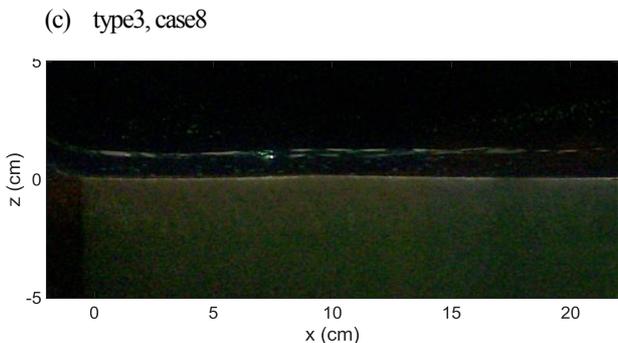
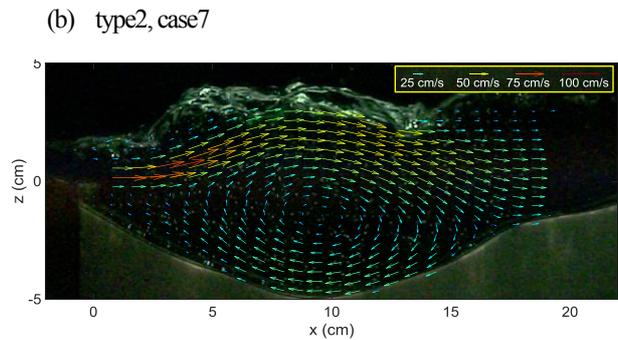
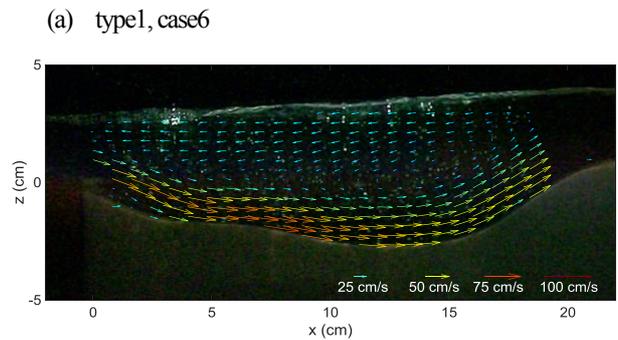


図-2 タイプ別の流れ場

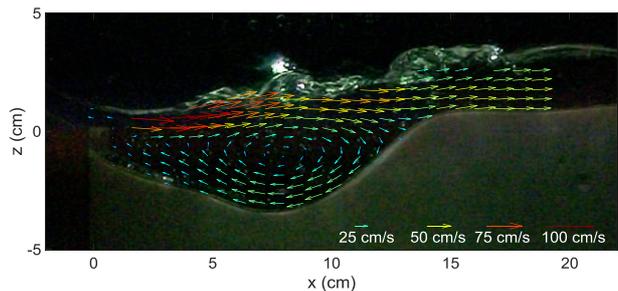


図-3 case5 における流れ場

参考文献

- 1) 三戸部佑太・Mohammad Bagus Adityawan・田中 仁・河原俊哉・黒澤辰昭・乙志和孝 (2014) : 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, No.4, pp.I\_1147-I\_1152
- 2) 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.