

第2堤防設置が海岸堤防を越流する流れによって生じる洗掘深に与える影響

埼玉大学大学院理工学研究科 学生会員 ○五十嵐 善哉
 埼玉大学研究機構レジリエント社会研究センター 正会員 田中 規夫

1. 研究背景と目的

東北地方太平洋沖地震津波による壊滅的被害をうけて、レベル2津波に対する減災機能を高めるため、多重防御という考え方が提案された。五十嵐・田中(2017)は固定床実験により、二重堤防構造は単線堤構造より津波の減勢効果が高く、その程度は流況に大きく影響されることを示した。海岸堤防沿いに設置された第2堤防は津波減勢だけでなく海岸堤防裏法尻の洗掘を抑え、粘り強さの向上につながる可能性がある。そこで本研究では堤防間を移動床とした実験を行い、第2堤防設置の有無とその高さが洗掘形状に与える影響を検討した。

2. 水理模型実験の概要と計測内容

本研究では、循環式開水路で堤防模型を配置し、2つの堤防間のみを移動床（三河珪砂6号）として定常流実験を行った。ここで、海岸堤防裏法尻と第2堤防表法尻は根入れ等による補強を想定し木製の板を鉛直に設置した(図-1)。海岸堤防裏法尻（断面1）と第2堤防表法尻（断面2）の根入れ深さ以上に洗掘されると破壊リスクが高まる。そのため断面1,2の洗掘深をそれぞれ h_1, h_2 と定義して各ケースを比較する。ここで、 h_1, h_2 は初期高さを基準とし、負は洗掘、正は堆積を表す。第2堤防は海岸堤防沿いの道路の嵩上げを想定している。海岸堤防沿いの道路について、嵩上げはせず根入れによる補強のみ(Single)のケースをCase Sとし、嵩上げと根入れを行ったケース(Double)をCase D1, D2とした。ここでCase D1, D2は、第2堤防高さを海岸堤防高さで除した値がそれぞれ0.25, 0.38である。表-1に実験ケース一覧を示す。実験の縮尺にはフルード則を適用し、長さの縮尺を1/100とした。実スケールで周期が60分の津波を想定し、実験では越流時間を1/10の6分とした。越流開始前に移動床部は湿潤状態とし全ケース同条件で締固めを行った。本実験では三角堰により流量を計測し海岸堤防天端上の限界水深を算出した。また、水路横断方向に洗掘形状の差異が小さい場合、水路側面から撮影した写真より洗掘形状を計測した。水路横断方向に洗掘形状の差異が見られた場合は、レーザー変位計（Keyence LK-500）により洗掘が大きいラインと小さいラインを縦断方向に計測した。

3. 結果及び考察

Case S, D1, D2の洗掘形状はそれぞれ図-2a, 2b, 2cのようになった。既往研究によると、堤防高や越流幅、フルード数によって堤防越流時に堤防長手方向の不安定性から落堀の個数が変化する。本実験は堤防長手方向に1つの落堀が生じる範囲内であり、Case S-1を除けば洗掘形状は堤防長手方向に差は生じなかった。ここでCase S-1は越流水深が小さく海岸堤防裏法尻のフルード数が1に近いので、堤防長手方向に2つの落堀できたと考える(図-3)。堤防長手方向の不安定性から横断方向に流速分布が生じ、図-3に示す矢印の方向に渦が生じた。そのため、Bラインは深掘れしたと考えられる。Aラインの洗掘が小さいのは、移動床領域に侵入する際に跳水が生じ、上向きの流速ベクトルが水平より鉛直上向きに傾いたためと考えられる。Case Sにおいて海岸堤防裏法尻の洗掘が進行すると、移動床領域に侵入する際に水深が急激に増加する。その影響で跳水が生じたと考えられる。Case S-1における洗掘深はAラインとBラインの平均値とした。各ケースの h_1, h_2 を図-4に示す。これより、第2堤防の設置により h_1 は少し減少する傾向はあるものの、その差は軽微であることが分かる。これは、Case Sでは上述したような跳水現象が生じて洗掘が抑制され、Case D1, D2では跳水は見られなかったが、堤防間に貯留された流体のウォータークッションにより裏法尻の洗掘が抑えられたと考えられる。その結果、Case SとD1, D2で h_1 にあまり差が生じなかったと考える。一方で h_2 は、 h_c' が約1.0のときにCase SとD1, D2で差が大きくなっている。これは、第2堤防設置により移動床が堤内地に侵入するまでの時

キーワード 津波, 多重防御, 洗掘, 根入れ, 二重堤防 連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

埼玉大学大学院理工学研究科 E-mail : tanaka01@mail.saitama-u.ac.jp

間が遅延されたためと考えられる。第2堤防表法尻まで洗掘が進行すると、第2堤防を越流する流れと、鉛直下方向に潜り込む流れが生じる。潜り込む流れにより第2堤防表法尻付近の洗掘が進行する。 h_c' が1.0を超えた際に Case D1,D2 では第2堤防表法尻まで洗掘が進行するため、 h_2 が急激に低下している。

4. 結論

本研究で得られた結論を以下に示す。第2堤防の設置により移動床が堤内地側に侵入するまでの時間を延ばすことで、第2堤防表法尻の洗掘は抑えられるが、越流水深が大きくなると第2堤防設置による差は小さくなる。また、海岸堤防裏法尻の洗掘深は第2堤防の設置によりやや抑えられたものの、有無による差は小さかった。これは、第2堤防を設置したケースではウォータークッションにより洗掘が抑制され、第2堤防を設置していないケースでは、移動床領域に侵入する際に生じる跳水によって洗掘が抑制されたためである。

謝辞：本研究の一部に、科学研究費補助金基盤研究 B (No. 15H02987, 代表：田中規夫) を使用した。記して謝意を表します。

参考文献

・五十嵐善哉, 田中規夫: レベル2津波が二重堤防構造を越流する際の流況変化を踏まえた減勢効果の評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.73, No.4, I_1009-I_1014, 2017.

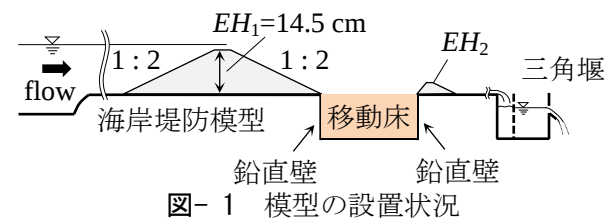


図-1 模型の設置状況

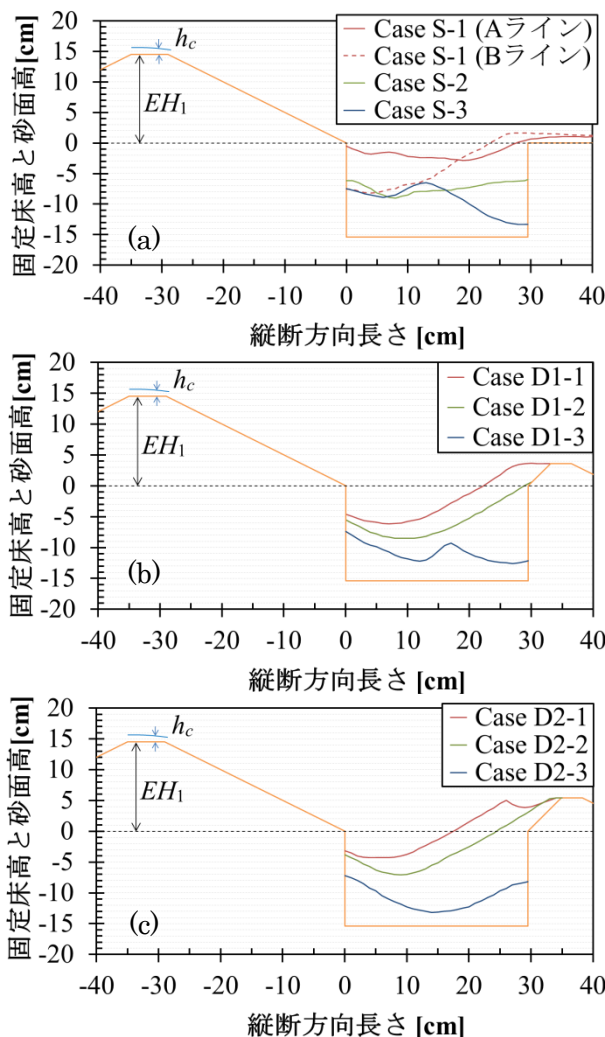


図-2 砂面高 ((a):Case S, (b):Case D1, (c):Case D2)

表-1 実験ケース一覧

ケース名	EH_2/EH_1	h_c'/EH_1
Case S-1	-	0.069
Case S-2	-	0.097
Case S-3	-	0.143
Case D1-1	0.25	0.071
Case D1-2	0.25	0.105
Case D1-3	0.25	0.150
Case D2-1	0.38	0.069
Case D2-2	0.38	0.097
Case D2-3	0.38	0.144

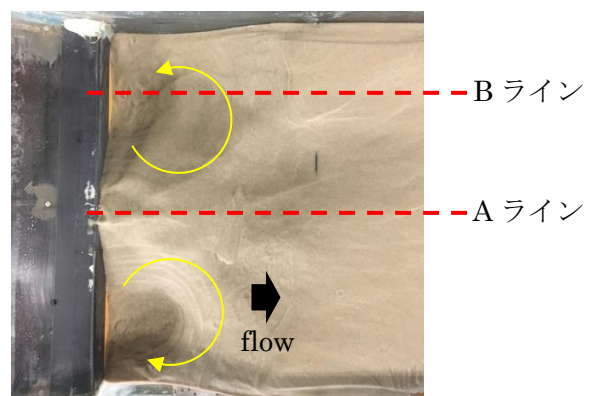


図-3 Case S-1 における洗掘形状 (上から撮影)

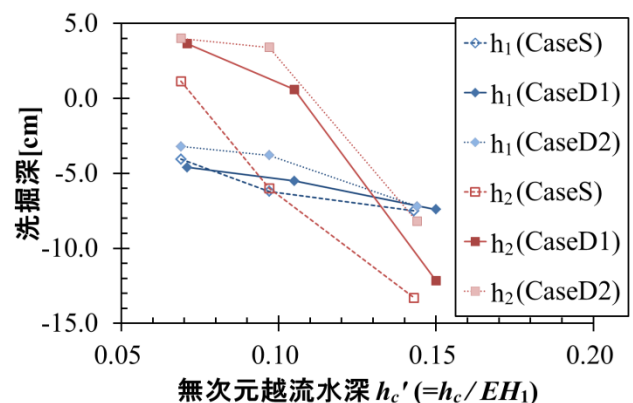


図-4 断面 1, 2 における洗掘深 h_1, h_2 の比較