

津波の越流により形成される海岸堤防裏法尻の流動場に関する数値解析

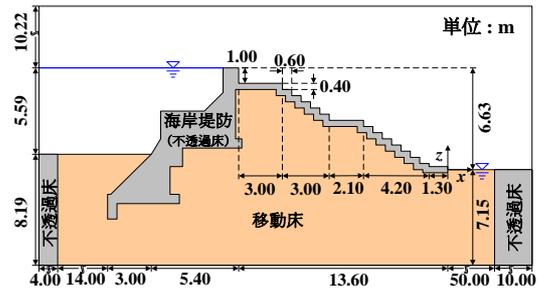
名古屋大学大学院工学研究科 正会員 ○ 趙 容桓
 名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 日比野 加奈
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村 友昭
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美
 東洋建設株式会社鳴尾研究所 正会員 小竹 康夫

1. はじめに

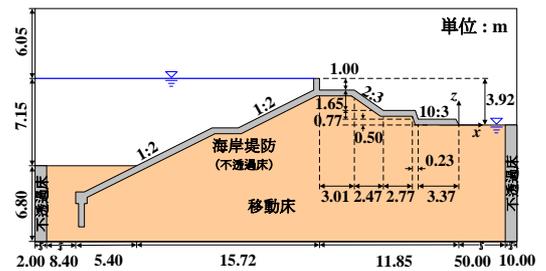
東北地方太平洋沖地震により発生した想定以上の津波に伴う大規模な越流によって多くの海岸堤防が被災した。被災により堤防の機能が喪失すると陸域の被災を助長する可能性があるため、粘り強い構造の堤防が求められている。そのためには堤防の被災機構の解明が必要であり、これまでに堤防の裏法肩部に発生する負圧や不陸によるブロックの剥離と裏法尻の基礎工直近での洗掘（加藤ら，2014）が被災の要因であると報告されている。しかし、洗掘を生じさせる流動場について詳細に検討した研究は見受けられない。本研究では、東北地方太平洋沖地震時に被災した A 海岸と K 海岸の堤防を対象とし、実スケールの数値解析により流動場の特徴とその差異を考察する。

2. 計算条件

津波と地形変化の相互作用を解析できる中村・水谷（2014）の数値計算モデルを A 海岸と K 海岸の海岸堤防を実スケールでモデル化した図-1 に示す計算領域に適用して解析を行った。計算負荷を減らすため、地形変化は沿岸方向に一様であると仮定し、断面 2 次元計算を行った。海岸堤防は現地と同様にモデル化し、A 海岸は比高 6.63 m で階段状の裏法を有し、K 海岸は比高 3.92 m、天端から腰掛け部まで 2/3、腰掛け部から裏法尻まで 10/3 の裏法勾配の斜面を有している。両海岸とも沖側と岸側に不透過床を設置し、それ以外の領域には移動床（空隙率 $m : 0.4$ ）を設けた。計算格子は、堤体周辺については $0.2 \text{ m} \times 0.2 \text{ m}$ (A 海岸), $0.25 \text{ m} \times 0.25 \text{ m}$ (K 海岸) の等間隔格子を用い、それ以外の領域については不等間隔格子を用いた。沖側境界に堤防の表法尻での最大越流水深 H_{max} がそれぞれ 2, 4 m となるように流量 Q に対応する流速を与えた。 Q は計算開始 60 秒後まで線形的に増加させ、600 秒後に $Q = 0$ に戻るように Q を線形的に減少させた。計算時間は越流が終了する 640 秒まで行った。また、移動床の中央粒径 D_{50} および限界 Shields 数は表-1 に示すようにそれぞれ 2.0 mm, 0.10 とした。



(a) A海岸



(b) K海岸

図-1 計算領域

表-1 実験条件

対象	越流水深 H_{max} (m)	中央粒径 D_{50} (mm)	限界 Shields 数
A 海岸	2	2.0	0.1
	4		
K 海岸	2	2.0	0.1
	4		

3. 堤防裏法尻の流動場の比較

堤防の形状の違いによる流動場の差を検討するため、裏法尻の底面流速の時間変化を図-2（青線：x 方向流速，赤線：z 方向流速）に、裏法尻近傍の洗掘の発達状況を図-3（C：浮遊砂濃度）に示す。図-2 より、両堤防は比高が異なるにも関わらず、底面流速の傾向は概ね一致していることが分かる。しかし、裏法尻の少し岸側で水

キーワード 津波，海岸堤防，洗掘，潜り流れ，渦

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 052-789-4634

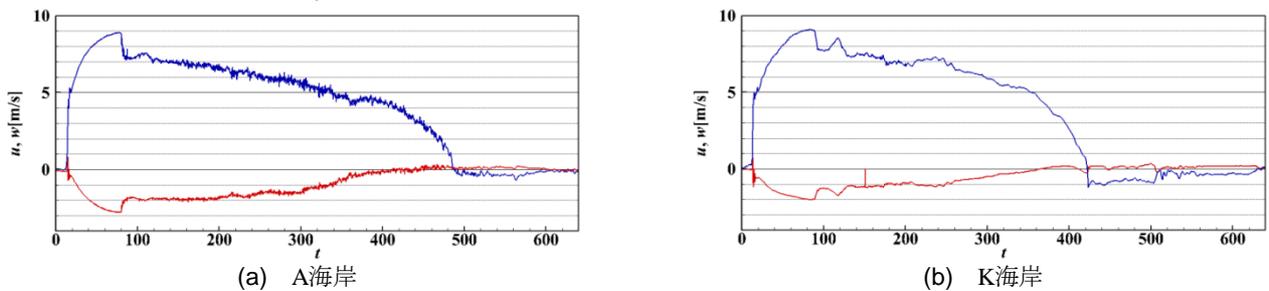


図-2 海岸堤防の裏法尻における流速の時間変化 ($H_{max} = 4$ m ; 青線 : x 方向流速, 赤線 : z 方向流速)

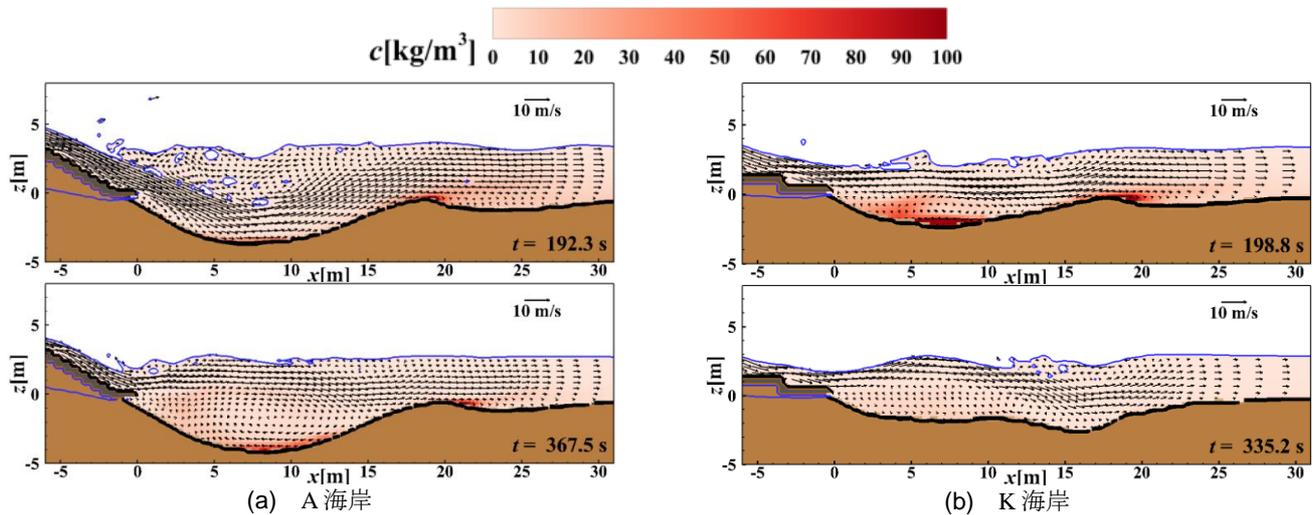


図-3 洗掘の発達状況 ($H_{max} = 4$ m)

面が大きく盛り上がり沖側に向かって砕波が生じた後、異なる流動場の特徴が現れた。具体的には、緩勾配の裏法を有する K 海岸では、初期の段階で生じた時計回りの渦の発達に伴い洗掘が岸側に拡大した。このとき、図-3(b)上図に示すように、裏法を流下してきた流れは時計回りの渦の上を流れている。そして、裏法尻の底面流速 u が小さくなると、図-3(b)下図に示すように時計回りの渦も弱まることが分かる。一方、K 海岸と比較して急勾配の裏法を有する A 海岸では、図-3(a)上図に示すように、砕波による乱れにも拘わらず、底面に沿って流れる潜り流れが生じており、その潜り流れにより洗掘が発達した。そして、越流量の減少により裏法尻の底面流速 u が小さくなると、K 海岸の場合と同様に時計回りの渦が発達し(図-3(a)下図)、洗掘が岸側に若干拡大した。以上より、同じ越流水深でも K 海岸の方が時計回りの渦が発達しやすい傾向が確認できたことから、時計回りの渦の発達は裏法の勾配の影響を受けることが分かる。また、時計回りの渦は越流水深が低下したときの A 海岸の場合にも現れたことから、時計回りの渦の発達は裏法尻近傍に形成された洗掘孔の形状の影響も受けると考えられる。したがって、裏法尻に形成される流動場を評価する際に、裏法の勾配だけではなく洗掘の発達状況も考慮することの重要性が示唆される。また、そのような解析が行えることから、本数値計算モデルは有用であると言える。

4. おわりに

本研究では、東北地方太平洋沖地震時に津波の越流により被災した海岸堤防を対象に現地スケールの数値解析を行い、裏法尻の洗掘を生じさせる流動場について詳細な検討を行った。その結果、堤防の岸側に生じる時計回りの渦は裏法の勾配と洗掘孔の形状の影響を受けることを確認するとともに、裏法尻に形成される流動場を評価する際に洗掘の発達状況を考慮することの重要性が示唆された。最後になるが、本研究は国土交通省河川砂防技術研究開発として国土技術政策総合研究所から委託された研究の成果である。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 加藤ら (2014), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 70, No. 1, pp. 11-49.
- 2) 中村・水谷 (2014), 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. I_516-I_521.