

津波の海岸堤防越流時における流況と局所洗掘現象に関する数値解析

鳥取大学大学院 学生会員 ○田中 基
 鳥取大学工学部 正会員 梶川 勇樹
 鳥取大学工学部 正会員 黒岩 正光

1. はじめに

2011年に発生した東日本大震災では、海岸堤防の決壊が問題となった。この災害後、津波に対して粘り強い海岸堤防の開発が進められたが、開発に際しては堤防裏法尻の水理現象を明らかにする必要があるが出てきた。しかしながら、津波の堤防越流時の流れと地形変化は極めて複雑であり、未だ十分明らかにされていない。そこで本研究では、裏法尻部分の局所洗掘現象を高精度に予測することが可能な数値計算モデルの開発を目的とし、その前提として、裏法尻部分での水位・流速の再現を行い、実験との比較からモデルの妥当性を検証した。

2. 数値計算モデルの概要

本研究では、デカルト座標系において鉛直二次元流れの基礎式にFAVOR法を導入した。計算格子にはコロケート格子を使用し、運動方程式の移流項の差分化には5次精度WENO法を適用した。また、流速・圧力の収束計算にはC-HSMAC法を適用した。乱流モデルには標準型k-εモデルを用いた。流砂量モデルには平衡流砂量式である芦田・道上の式を用いた。また、本数値モデルでは、水際境界での流速値を重力項と底面せん断応力項のみを考慮した運動方程式より計算し、水深積分された連続式より水深を求めた。

3. 対象とした水理模型実験と計算条件

本研究では、流れと地形変化の両方で鳩貝ら¹⁾の水理模型実験を対象とした。図-1に実験の概要を示す。流れの再現性では、地形変化の再現性で用いた模型実験での移動床部分を固定床にし、計算を行った。実験では、長さ7.1m、天端高までの高さ0.86m、水路幅1m、天端幅0.12m、表法尻勾配2割、裏法尻勾配2割の水路が使用され、通水時間は120秒としていた。また、裏法尻部分における流速・水位の比較のため、図-1中に示されるように、中村ら²⁾と同様に計測点（以下Ptと記載する）を設定した。流れと地形変化の計算条件を表-1に示す。また、流量Qおよび流量係数Cを表-2に示す。流量の算定式には、中村ら²⁾と同様の流量算定式を用いた。計算格子幅は、全パターンとも流下方向がΔx=0.01m、鉛直方向がΔz=0.003mで固定した。

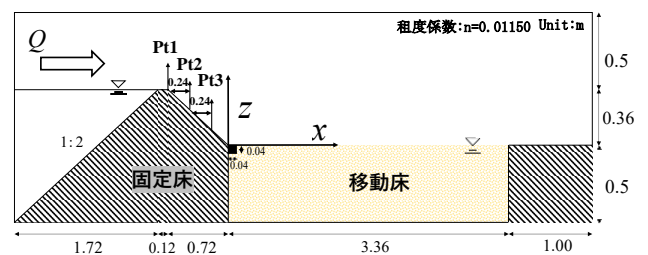


図-1 鳩貝ら（2011年）の概要図

表-1 各計算条件

流れの計算条件		流れの計算時間間隔 Δt	
流下方向 Δx (m)	0.01	越流水深(m)	計算時間間隔(s)
鉛直方向 Δz (m)	0.003	0.04	0.0001
地形変化の計算条件		0.08	0.0002
流下方向 Δx (m)	0.01	0.12	0.0002
鉛直方向 Δz (m)	0.003	0.24	0.00025
間隙率 λ	0.4	地形変化の計算時間間隔 Δt	
水中安息角 φ (°)	32.0	越流水深(m)	計算時間間隔(s)
土粒子密度 ρ (kg/m³)	2.650	0.04	0.0001
		0.08	0.0002

表-2 流量算定式

流量算定式	
流量 Q	$Q = CH\sqrt{2gH}$
流量係数 C	$C = C_0(0.31 + 0.23H/H_0)$
越流水深ごとの C ₀ 値	
越流水深(m)	C ₀ 値
0.04	1.1
0.08	1.8
0.12	1.4
0.24	1.4

4. 流れの計算結果と考察

図-3 および図-4 はそれぞれ各 Pt ごとの水位と流速の実験結果との比較である。黒線が鳩貝ら¹⁾の実験結果、赤線 (Num) が中村ら²⁾の解析結果、オレンジ線が本研究における解析結果である。これらの図より Pt1 では、水位と流速で実験結果と中村らの解析結果に対して

キーワード 裏法尻 局所洗掘 数値解析

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部社会システム土木系学科

T E L 0857-31-5300

やや過小評価したが、Pt3 では、どちらも実験結果に対してほぼ同値を示しており、流れの激しい部分での再現性は高い結果となった。

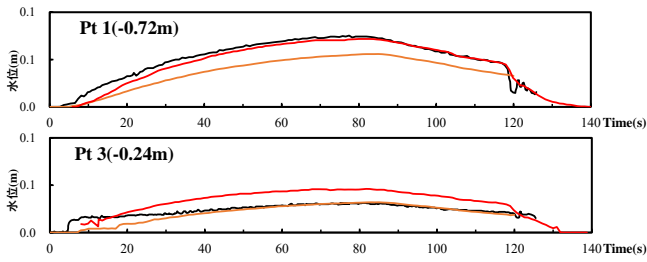


図-3 越流水深 0.08 m における水位の比較図

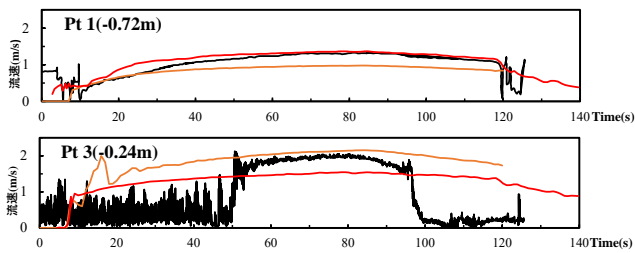


図-4 越流水深 0.08 m における流速の比較図

次に、裏法尻部分での全体における断面平均流速と水位の再現性を検討した。裏法尻越流後の水位と断面平均流速は、国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部⁴⁾が越流水深 1 m, 越流水深 2 m, 越流水深 3 m, 越流水深 6 m での実験結果を示しており、本研究ではこれら縮尺した値との比較を行い、再現性を検討した。図-5 とおよび図-6 はそれぞれ断面平均流速と水位の実験結果と計算結果の比較である。図からどちらも実験結果に対してほぼ同値を示しており再現性の高い結果となった。

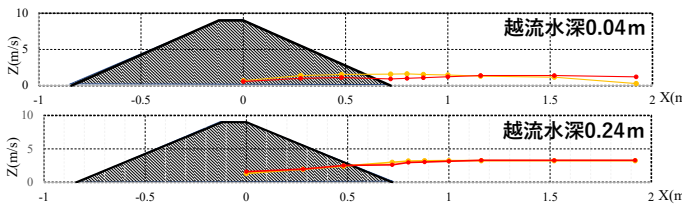


図-5 断面平均流速の比較図

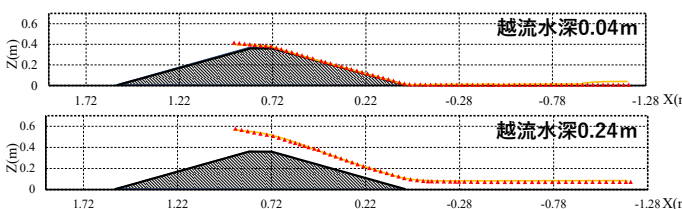


図-6 水位の比較図

以上より、裏法尻全体における流れの再現性は、非常に高い結果となった。

5. 局所洗掘の計算結果と考察

裏法尻部分での局所洗掘の再現結果を示す。局所洗掘結果は、越流水深 0.04 m, 0.08 m の計算結果を三戸部³⁾の実験結果と比較を行った。図-7 および図-8 が示すように、洗掘深および洗掘形状は実験結果に対して再現性の高い結果となった。



図-7 越流水深 0.04 m における 120 秒後の地形

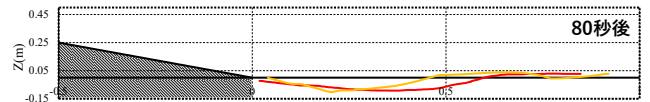
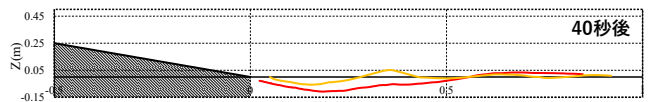


図-8 越流水深 0.08 m における 40 秒と 80 秒後の地形

6. おわりに

本研究では、津波の裏法尻越流時における局所洗掘現象を高精度に再現可能なモデルを開発し、流れと局所洗掘で実験との比較を行った。流れと局所洗掘の両方で実験結果に対して再現性の高い結果を得ることが出来た。

参考文献

- 1) 鳩貝聡, 諏訪義雄, 加藤史訓: 津波の越流に伴う海岸堤防の裏法尻の洗掘に関する水理模型実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol.68, No.2, pp1-5, 2012
- 2) 中村友昭, 水谷法美: 海岸堤防を越流する津波と裏法尻の洗掘に関する数値解析 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol70, No.2, pp1-6, 2014
- 3) 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), Vol70, No.4, pp1-6, 2014
- 4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 海岸研究室 粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討 (第2報)

: http://www.nilim.go.jp/lab/fcg/lab0/report_ver2.pdf