

移動床条件での河川遡上津波の数値計算

東北大学大学院環境科学研究科 学生会員 ○青山 恭尚
 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
 東北大学大学院環境科学研究科 正会員 小森 大輔

1. はじめに

2011年3月宮城県沖で発生した東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震は日本最大規模の津波であり、長周期の巨大な津波を発生させ沿岸域で大きな人的被害・物的被害が生じた。一方、河川では海域を伝播した津波が河道を遡上し、河道から堤防を越流し堤内地へと浸水したことによる被害も発生している。河川を遡上する津波は沿岸から陸域を浸水する津波に比べて、遡上距離が長く遡上速度が速いという特徴を有しているため被害が大きくなる。被害を最小限にとどめるためにも河川を遡上する津波の挙動を正確に予測し再現することは重要である。

過去にも海域を伝播する津波に関する研究は、例えば阿部ら¹⁾などにより数多く行われている。しかし、河川遡上津波の再現精度は低くなっており²⁾、課題が多い。課題としては、河口砂州・中州などの遡上津波に与える影響が大きい³⁾とされる河道や河口部の小さいスケールの地形の影響を考慮する必要があること、津波による地形変化の影響を考慮する必要があることなどが挙げられる。2011年の津波時には河口砂州・中州が流され大きな地形変化が起こったが、これは津波の遡上に伴い時間発展していき起こった現象である。そのため、時系列で地形変化の影響を考慮した移動床

計算が必要となる。福島らの先行研究²⁾では津波後の地形で再現計算を行い、水位 2m の過小評価となっている。

本研究では時系列の地形変化を考慮した移動床シミュレーションにより、精度向上を目的として河川遡上津波の数値計算を行った。

2. 研究方法

(1)研究対象について

本研究の研究対象は宮城県北部に位置する北上川河口部であり追波湾と河口部から上流約 20km を含む 17km×9km を対象領域とする（図-1）。入力津波波形は東北大モデル ver1.2 を用いて波源域より広域における非線形長波式を用いて計算したものを対象領域の境界での水位（図-2）・流速（x, y 方向）を用いている。

(2)数値計算スキームについて

各時間ステップで津波伝播計算・土砂移動計算の順番で行う。津波伝播計算は非線形長波理論式を Staggered Leap Flog 法により離散化し解き、底面抵抗則としては定常流のマニング則（n=0.030）を用いる。

土砂移動計算スキームでは掃流砂層・浮遊砂層に 2 層に分けて考え、以下の高橋らの実験式⁴⁾を用いる。

掃流砂式： $q_b = 21\tau_*^{1.5}\sqrt{sgd^3} \dots \dots \dots (1)$

巻き上げ量算定式： $E = 0.012\tau_*^2\sqrt{sgd} \dots \dots \dots (2)$

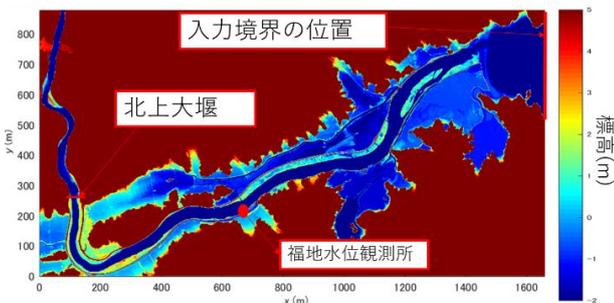


図-1 計算領域

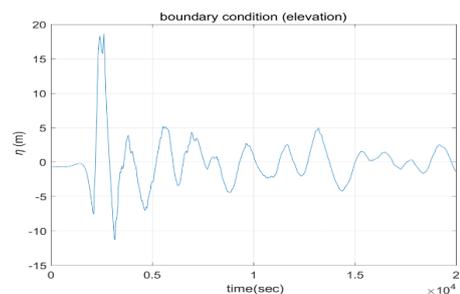


図-2 入力波形

キーワード；河川遡上津波，数値計算，数値計算，移動床シミュレーション

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 Tel022-795-7453 Fax022-795-7453

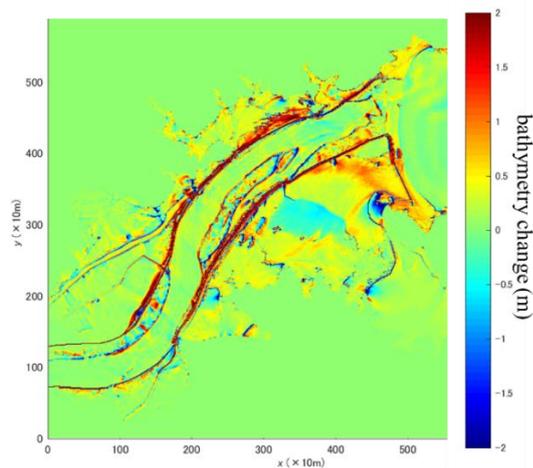


図-3 地盤高変化量

q_b は掃流砂量(m^2/s), τ_* はシールズ数, s は土砂の数中比重($=1.65$), g は重力加速度($=9.8m/s^2$), d は土砂粒径($0.2mm$), E は巻き上げ砂量(m/s)をそれぞれ示す.

堤防条件は実際の被害に合わせ、海岸堤防と 4.2km 右岸地点で破堤が起こり、それ以外の堤防は破堤せずに残る条件に設定した。

3. 結果および考察

図-3 に計算後の地盤高変化量について示す。4.2km 右岸の破堤部では津波により破堤が発生しそこから津波の氾濫水が堤内地へと浸水していた。また、河口砂州・中州の部分は先端部が掘れているものの、全体的に掘れ方が過小評価になっている。本モデルで用いた掃流砂式は実験スケールの無次元量を基に立てられた式であり、この実スケールのシミュレーションとは無次元量のオーダーが異なるため、このような結果になったと推測される。

図-4 に福地観測所での水位時系列を示す。比較のために地形・堤防両方固定床条件での水位も示す。固定床条件から移動床条件にしたことにより、破堤からの氾濫水の流出や地形変化による抵抗が遡上津波に作用し最大水位は低下し、観測値に近づいている。しかしまだ過大評価であり、理由としては地形変化の再現性が低くそれに伴い水位の再現性が低くなっていること、湾や河道の初期水位が実現象と合っていないこと、などが考えられる。

4. おわりに

本研究では精度向上を目的として河川遡上津波再現

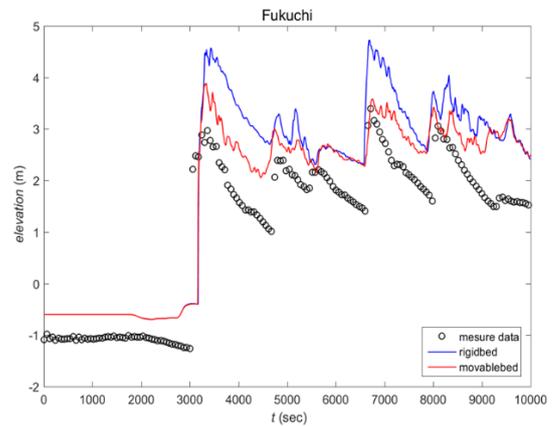


図-4 水位（福地地点）

計算を行った。移動床条件にしたことにより、破堤部より津波が堤内地へと浸水する現象などが再現できた。またそれに伴い、上流の観測水位比較において固定床条件と比較して再現性が向上した。砂州地形の地盤高変化の再現性は掘れ方が過小評価と低くなっており、今後の課題である。

謝辞：本研究で使用した現地データは国土技術政策総合研究所河川研究室より提供を受けたものである。また、本研究に対して JSPS 科研費（16H04414）、（財）河川環境管理財団河川整備基金の補助を受けた。ここに記して、関係機関に深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 阿部郁夫, 今村文彦: 地域ごとのリアルタイム津波予想における初期条件の影響評価と設定, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 65, No. 2, pp. I_336-I_340, 2009.
- 2) 福島雅紀, 松浦達郎, 服部 敦: 河川津波の特性把握に関する実験的検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69, No.2, pp.I_261-I_265, 2013.
- 3) 田中 仁, Nguyen, T.X., 盧 敏, Nguyen, D.: 2010 チリ地震津波の東北地方河川への遡上-河口地形と遡上特性との関連-, 水工学論文集, Vol. 55, No. 1, pp. S_1627-S_1632, 2011.
- 4) 高橋智幸, 首藤伸夫, 今村文彦, 浅井大輔: 掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発, 海岸工学論文集, Vol. 46, pp. 606-610, 1999.