

2DH-3D ハイブリッドモデルを用いた淀川における河川遡上津波発生時の塩水挙動解析 Numerical Analysis of Salt Water Behavior Caused by a River-Runup Tsunami in Yodo River Using a Hybrid 2DH-3D Model

○永島弘士・米山 望・William J. PRINGLE

○Hiroshi NAGASHIMA, Nozomu YONEYAMA, William J. PRINGLE

The Nankai Trough Earthquake Tsunami is predicted to occur in the near future in Japan. One of the countermeasures to be taken against the tsunami attack is to predict how long salt water carried by a river-runup tsunami would stay in the river to prevent a water purification plant from taking in salt water. In this study, an application of a hybrid 2DH-3D model to salt water behavior caused by a river-runup tsunami was conducted. The hybrid model is useful for coupling of tsunami propagation from the wave source in 2DH to the flow in the estuary area in 3D, where the density current should be considerable. Two conditions of river flow rate were considered to analyze the effects on the vertically-distributed salinity transport. It was shown that significant vertical distributions of the density were present in the 3D region, indicating applicability of the hybrid model to the situation.

1. はじめに

近い将来に発生することが予想されている南海トラフ巨大地震の対策の一つとして、津波により河川を遡上した塩分の河川内の滞留時間を予測することが挙げられる。本研究の対象とする淀川大堰上流域には浄水場の取水口が複数存在し、大阪市およびその周辺区域の多くの住民への飲料水の供給源となっている。淀川を遡上した津波が淀川大堰を越流して取水口から塩分が流入すると浄水場設備が故障してしまうため、取水口付近に塩分が滞留する間は取水を止める必要があるが、それが長時間に及んだ場合には飲料水の供給も止まることとなる。そのため、河川に滞留する塩分の分布と滞留時間をできるだけ正確に予測することが重要となる。

既往研究⁽¹⁾⁽²⁾では、東南海・南海地震津波を対象として、波源からの平面二次元津波伝播解析を行った上で、その流速分布を境界条件として淀川大堰付近の平面二次元および三次元の塩水挙動解析を実施している。しかし、淀川を遡上した津波が淀川大堰に到達してから2時間程度で境界条件の水位変動と計算された淀川大堰からの反射波が整合しなくなり、淀川大堰上流域から塩分が流下し終えるまでの長時間の解析を実施するには至っていない。このような不整合を解消して十分長い時間の解析を行うためには、解析領域を広げる必要がある。広大な領域を対象とする場合は計算時間

の観点から平面二次元解析を行うことが多いが、塩水挙動を解析対象とする場合には鉛直方向の流体の密度差を考慮できる三次元解析を行う必要がある。

Pringle ら⁽³⁾は、平面二次元非線形長波モデルとVOF (Volume of Fluid) 法を用いた三次元モデルを組み合わせた平面二次元・三次元 (2DH-3D) ハイブリッドモデルを開発し、東北地方太平洋沖地震津波の釜石湾における津波挙動解析に適用して、そのモデルが高い解析精度を有することを確認している。そこで本研究では、Pringle らのハイブリッドモデルを、三次元モデルの部分を塩分の移流拡散も解析できるように改良し、そのモデルを淀川大堰上流域における塩水挙動解析に適用した。

2. 解析手法の概要

平面二次元解析は、非線形長波理論に基づく。三次元流体挙動解析は、水面挙動の予測にVOF法、境界形状の取り扱いにFAVOR (Fractional Area Volume Obstacle Representation) 法を用いた非圧縮流体解析手法である。平面二次元解析領域と三次元解析領域の境界面では、平面二次元解析により得られた流速を三次元解析領域に一樣に与え、三次元解析により得られた水平方向流速は積分して均等に平面二次元解析領域に与えている。また、境界面に平行な流速についても考慮している。

表1 解析条件

	渇水時	平常時
淀川流量	62 m ³ /s	196 m ³ /s
大川流量	62 m ³ /s	120 m ³ /s
淀川大堰越流量	0 m ³ /s	76 m ³ /s
淀川大堰下流側水位	T.P. +0.9 m	T.P. +0.9 m
淀川大堰上流側水位	T.P. +1.7 m	T.P. +1.7 m
調節ゲート天端高	T.P. +2.3 m	T.P. +1.0 m
主ゲート天端高	T.P. +2.5 m	T.P. +2.5 m
淀川大堰下流側塩分※	27.82	27.82
淀川大堰上流側塩分※	0.03	0.03

※実用塩分

3. 解析条件

淀川大堰は、中央に位置する主ゲート4門と両端に位置する調節ゲート2門から成る。渇水時（淀川流量 62 m³/s）および平常時（同 196 m³/s）には、調節ゲートの天端高をそれぞれ T.P.+2.3 m, T.P.+1.0 m に操作し、淀川大堰上流側の水位を概ね T.P.+1.7 m に保ち、大川への流量が 120 m³/s を超えないように調節している。本研究では、渇水時および平常時について解析を実施した。各ケースの解析条件をまとめて表1に示す。

4. 解析結果および考察

津波解析に先立って渇水時および平常時の淀川の流れの定常状態を作成し、津波解析はその解析結果を初期条件として実施した。三次元塩水挙動解析結果のうち、津波が淀川大堰を越流した直後（ $T=2.58$ (hr)）の地点 A, B, C（それぞれ淀川大堰の直上流、上流約 400 m, 上流約 800 m）における塩分の鉛直分布の例を図1に、水面における塩分の平面方向の広がり概ね最大となる $T=3.0$ (hr)の解析結果の例を図2にそれぞれ示す。図1より、地点 A で鉛直方向の塩分の分布が解析できていることがわかる。また、図2より、渇水時よりも平常時の方が塩分がより上流まで到達していることがわかる。

5. 結論

平面二次元・三次元ハイブリッドモデルにより、波源からの平面二次元津波伝播解析と淀川大堰上流域における流体の密度差を考慮した三次元塩水挙動解析を、十分長い時間にわたって行うことができた。また、淀川流量や津波の淀川大堰の越流状況に応じた三次元塩分挙動が解析できた。これより、河川遡上津波発生時の塩水挙動解析に平面二次元・三次元ハイブリッドモデルが適用可能であることが確認できた。

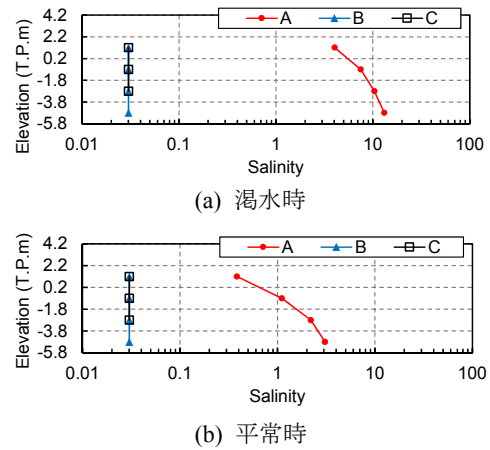


図1 三次元解析領域における塩分の鉛直分布の例（ともに $T=2.58$ (hr)・津波越流直後）

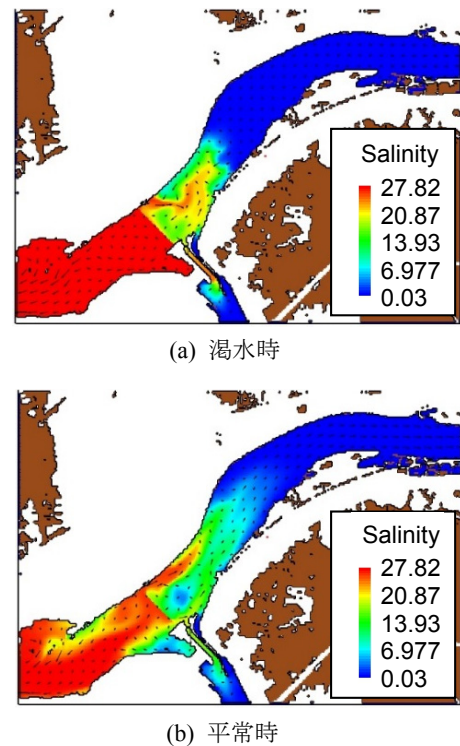


図2 塩分解析結果の例（三次元解析領域の水面部分の解析結果・ともに $T=3.0$ (hr)）

参考文献

- (1) 松宮弘信, 米山 望, 田中 尚, 鮫島竜一, 佐藤 広章: 河川遡上津波発生時の淀川大堰上流部における塩水挙動解析, 自然災害科学, 28(2), pp. 125-135, 2009.
- (2) 米山 望, 松宮弘信, 鮫島竜一: 淀川における河川遡上津波発生時の三次元塩水挙動解析, 河川技術論文集, 第16巻, pp. 265-270, 2010.
- (3) Pringle W., 米山 望: 2011年東北地方太平洋沖地震津波に関する二次元・三次元ハイブリッドモデルの適用, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 69, No. 2, pp. I_306-I_310, 2013.