

非静水圧準三次元解析法による津波の河川遡上と氾濫流の一体解析法の検討

中央大学大学院 学生会員 ○松井 大生
 中央大学研究開発機構 正会員 内田 龍彦
 中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

1. 序論

津波の河川遡上及び氾濫の数値解析には、浅水流方程式に基づく平面二次元解析法が用いられることが多い。しかし、地形変化を伴う河口での津波の挙動と河川遡上、構造物周りの流れや作用する流体力、堤防高を大きく超える越流と破堤現象、及び津波氾濫流を再現するには二次元解析法では不十分である。そのためには、流れの三次元性が考慮でき、津波の河川遡上・氾濫流を一体的に解析できる実用的なモデルが必要である。内田・福岡¹⁾は平面二次元解析の枠組みの中で、流れの三次元性を考慮できる非静水圧準三次元解析法 (BVC 法)²⁾を津波解析に応用し、広域の津波伝播と構造物周りの局所流れを一体的に解く必要性を示して

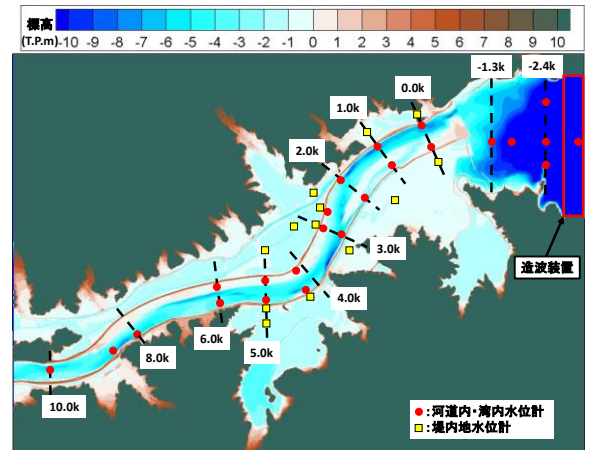


図-1 実験模型概要

いる。しかし、津波の河川遡上や氾濫流に対する BVC 法の妥当性や有用性についての検討は十分ではない。そこで本研究では、福島ら³⁾による固定床大型水理模型を用いた津波河川遡上実験を対象に、BVC 法と平面二次元解析法を用いて解析を行い、両者の比較から、津波の河川遡上と氾濫流に対する解析法を検討する。

2. 対象とする実験の概要と解析方法

実験³⁾は、国総研河川研究室が追波湾の一部を含む北上川約 10km の河道とその周辺地形を現地縮尺 1/330 で作成し、実施したもの（図-1 参照）である。地盤高は地震前の地形データ、堤防データに地震による地盤沈降量を考慮したものである。河川流量は考慮しておらず、造波前の湾内及び河道内は一定の水位(T.P.-0.42m)で湛水している。実験では図-1 に示す湾内・河道内及び堤内地に水位計が設置され、各点の水位の時間変化が計測されている。本論文で示す全ての実験値及び計算値は、フルード相似に基づき現地スケールに換算された値である。

解析には非静水圧準三次元解析法(BVC 法)²⁾と、平面二次元解析法(2D 解析法)の二つの方法を用いた。境界条件は、造波装置からの流入流量が不明であることから、湾内・河道内にある-2.4k～0.0k で計測された水位波形が再現できるように、造波装置内の計測水位に補正係数(0.60)をかけて、水位を直接与えた。底面粗度は実測の水位波形を再現するように、一様に相当粗度 $k_s=0.10\text{m}$ を与えた。

3. 再現計算結果とその考察

図-2 は実験結果と計算結果(BVC 法・2D 解析法)の水位時系列である。湾内(a)(b)や河口部周辺(c)(f)の実験値では短周期の水位変動が発生しているが、河道内では見られない。計算結果はともにこのような湾内、河口部の短周期の水位変動は再現できていないが、実験結果の河道内での全体的な水位波形と津波先端の到達時間等の津波の伝播特性を概ね再現できている。しかし、堤内地での再現性は良くない。これは、実験の制約により、水深は数 cm から数 mm と非常に浅い流れであり、微地形を十分に再現していないことが考えられ、堤内地については検討が必要である。図-3 はピーク水位の縦断分布である。解析結果のピーク水位は概ね実験値を再現しているが、河口付近と上流側（右岸）の再現性が良くない。河口付近では砂州による地形の複雑さや湾内左岸側の地形からの反射の影響による複雑な波動・流れを再現できていないためと考えられる。上流側（右岸）の再現性の問題については、実験では模型の制約により越流水深が小さい区間にはスリット形状の堤防が用いられていることが考えられる³⁾。これにより、計算との越流条件が異なり、中流域(4.0～6.0km)での越流量が実験と計算で異なったためと考えられる。解

キーワード 一般底面流速解析法, 津波, 河川遡上, 底面流速, 実験再現計算

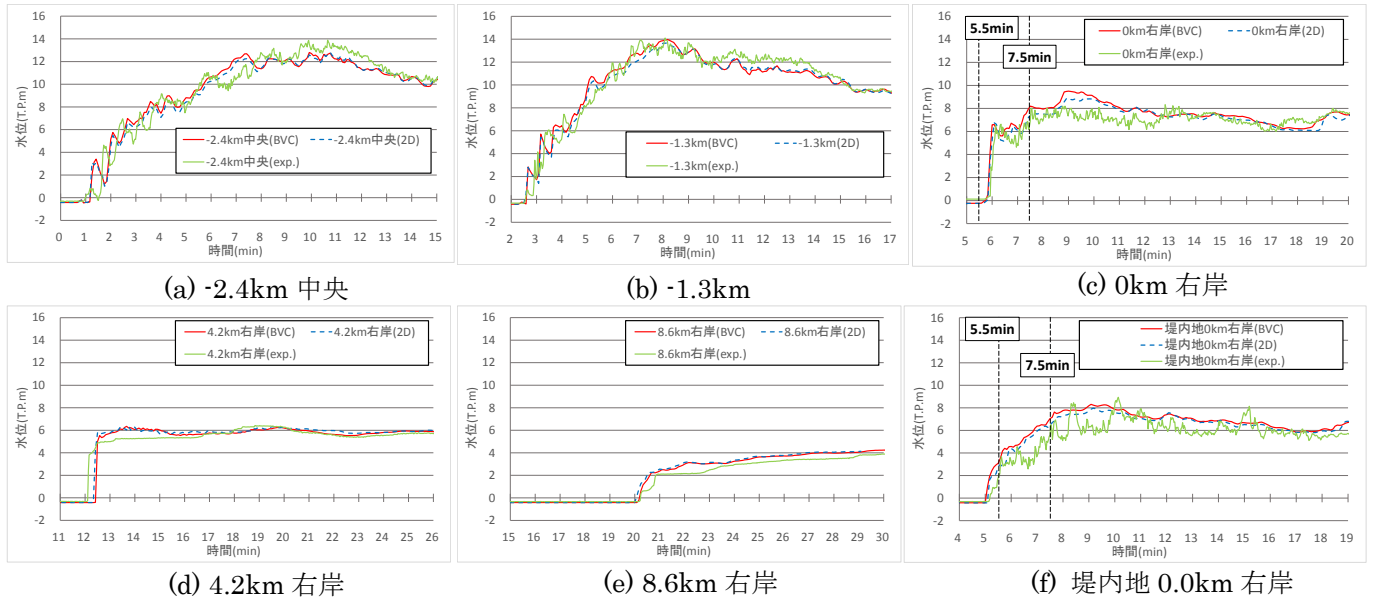


図-2 水位時系列

析法を比べると、河口部で BVC 法が 2D 解析法に比べてややピーク水位が高い。これは流れの三次元性を考慮したことで 2D に比べ、流れに与える抵抗が増加したためと考える。このことは、図-2 の津波の到達時間においても BVC 法に比べ 2D 解析法の方がわずかに早いことがわかる。以上から、流れの三次元性の影響 (BVC 法と 2D 解析法の差) は津波の全体的な水位波形とその伝播には表れないが、流れが複雑となる河口部等の局所的な水位変動に生じると言える。

図-4 に BVC 法による河口の流況の計算結果を示す。5.5min では、津波先端部が河川に流入する際に河口砂州によって流れが曲げられた結果、強い二次流が発生し、水面流速と底面流速の向きが大きく異なっている。一方、7.5min では水位が上昇することにより、河口砂州周辺の流れの向きは比較的一様になるが、左岸 0.5km 付近の堤防越流部で水面と底面の流速差が大きくなっている。このように津波先端部が通過する際には流れの三次元性が強く表れ、その時空間的変化が大きくなるため、河口部での地形変化を考えるにはこれを考慮することが重要と考えられる。

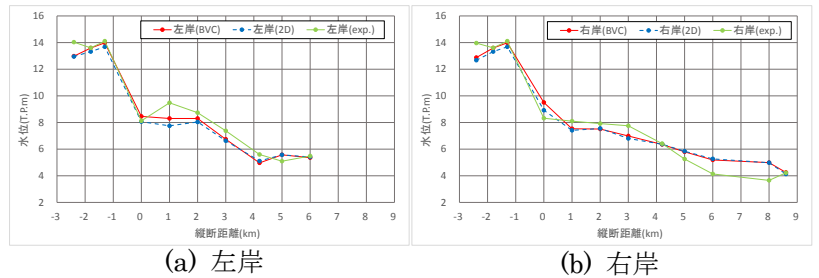


図-3 ピーク水位縦断面図

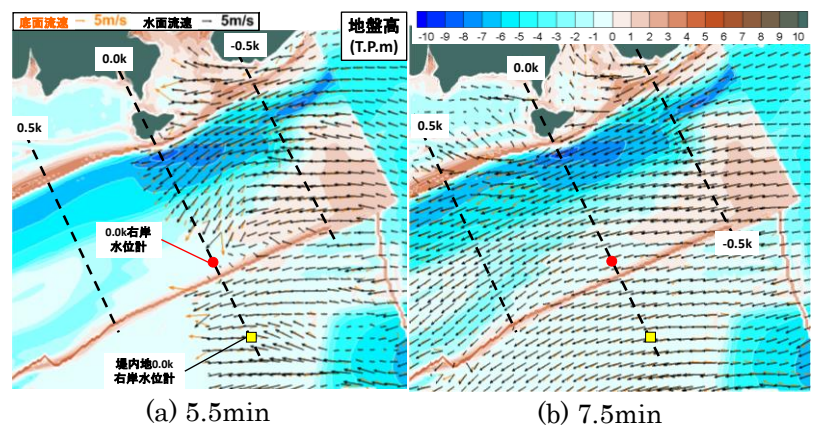


図-4 河口の流況(水面・底面流速ベクトル、地盤高コンター)

4. 結論と今後の課題

本研究では津波河川遡上実験³⁾に対し、非静水圧準三次元解析法(BVC 法)と平面二次元解析法を比較し、検討した。全体的な津波の伝播と波形の再現精度には両解析法の差は表れなかった。これは 1/330 縮尺の実験のために、非常に浅い流れとなり、実験での現象が二次元的であったことが考えられる。流れの三次元性の影響は局所的な水位上昇に見られ、また、津波先端部が通過する際に時空間的に強い流れの三次元性が現れることが明らかになった。今後は、同様の検討を実スケールでの水理現象で調べることが必要である。

5. 参考文献

- 1) 内田龍彦,福岡捷二: 底面流速解析法を用いた津波による構造物周りの三次元流れと局所洗掘解析,土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.69. No.2, I_271-I_275, 2013.
- 2) 内田龍彦,福岡捷二: 浅水流の仮定を用いない水深積分モデルによる底面流速の解析法,水工学論文集, Vol.56, I_1225-I_1230, 2012.
- 3) 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, I_261-I_265, 2013