

### 非静水圧準三次元解析法による津波河川遡上・氾濫流解析の検討

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  
国土交通省国土技術政策総合研究所 正会員 中村 賢人, 服部 敦  
中央大学研究開発機構 フェロー 福岡 捷二

#### 1. 序論

今次津波に代表される最大レベルの津波は、浅水変形などにより大きな津波波高をもって湾内・河口に侵入し、湾内地形による変形と反射波が合わさり、複雑な流れを生じさせる。さらに、河川を遡上した津波は、堤防を越流する非定常急変流・破堤に伴う三次元流れを介して、津波氾濫流と相互作用する。このため、最大レベルの巨大津波の解析においては、流れの三次元性を考慮でき、種々の現象の一体的な解析が可能なモデルが必要と考えられる。本研究では、一般 BVC 法<sup>1)</sup>を応用した非静水圧準三次元津波解析法を開発し、津波の河川遡上実験と比較、検討する。そして、今次津波による北上川の津波遡上と氾濫流に適用し、痕跡データと観測水位から津波遡上の再現性を検証する。

#### 2. 非静水圧準三次元津波解析法の概要と改良点

図-1 に解析法の概要と改良点を示す。一般 BVC 法<sup>1)</sup>は平面二次元の枠組みで流れの三次元性と圧力の鉛直分布を考慮できる水深積分モデルである。水面の時空間変化の激しい津波解析に応用するため、本研究では水深積分された鉛直方向運動方程式において非定常項を考慮し、水面の鉛直方向の圧力勾配を評価するために、水面の鉛直方向運動方程式を新たに導入した。

#### 3. 津波河川遡上実験との比較

実験は、国土技術政策総合研究所が追波湾の一部を含む北上川約 10km の河道と周辺地形を現地縮尺 1/330 で再現し、実施したもの(図-2 参照)である。対象とするケースは、河川流量なし、初期水位(T.P.+0.703m)で湛水、堤防上に壁を立て、河道内のみ津波が遡上する条件のもと、造波可能な最大波高を短周期で与えたものである。下流端境界条件は、造波装置からの流入流量が不明であり、湾内のフルード数が小さくないことから、湾内の津波流入部の実測水位波形(-2.4k,-2.2k)を再現するように、造波装置内の水位を与える。上流端境界条件は、実験と同様に流出境界条件を与える。本論文では、実験値はフルード相似に基づき現地換算された値を示し、計算は現地スケールで行っている。

図-3 は実験結果と計算結果の各点の水位時系列の比較である。湾内・下流河道での短周期の水位変動は再現でき

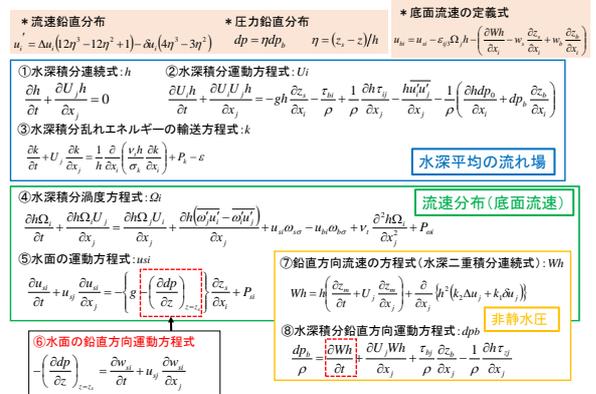


図-1 解析法の概要と改良点

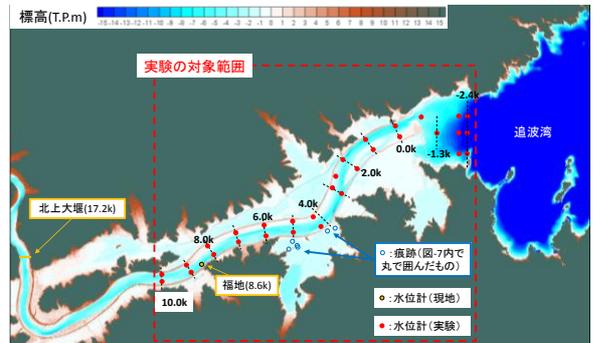


図-2 実験模型概要と現地解析の詳細領域

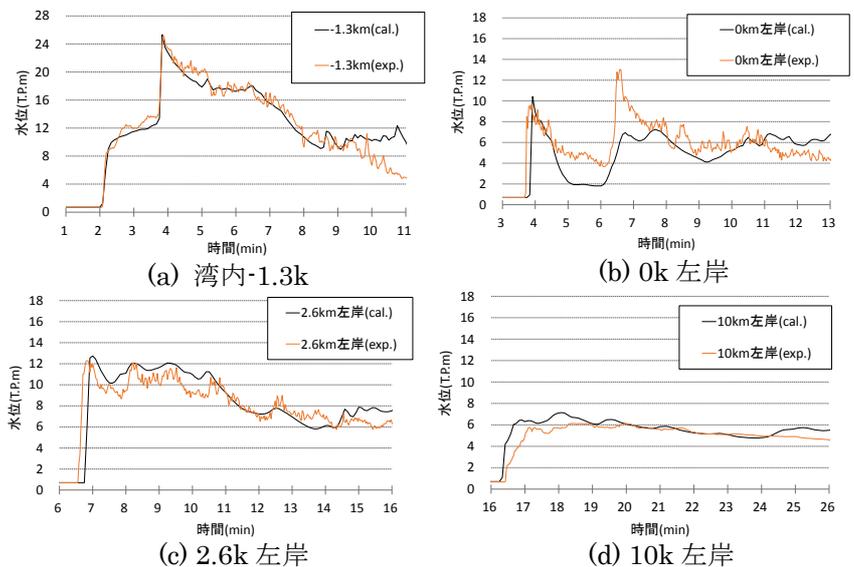


図-3 実験結果と計算結果の各点の水位時系列の比較

ていない。また、**図-3(b)**を見ると、第一波目通過後、水位が大きく低下し第二波目の立ち上がりを再現できていない。0k 左岸では局所的に地盤高が低くなっており、第一波目通過後に射流場となり、解析では水位が低下したことが原因と考えられる。しかし、全体的な波形と津波到達時間を概ね再現しており、湾内(a)や河道内蛇行部外岸(c)での急激な水位上昇を説明できている。**図-4**はピーク水位縦断面図である。計算結果は、0~1k 左岸では計算水位が実測より低くなっている以外、全体的なピーク値と左右岸の水位差を再現している。以上から、全体的な津波の波形と伝播、急激な水位上昇を本解析法が説明できると言える。

**4. 今次津波による北上川の津波遡上・氾濫への適用**

今次津波による北上川の津波河川遡上・氾濫流に本解析法を適用するため、まず、断層モデルを含む広域の津波伝播解析を行った。初期水位は東北大モデル(ver1.2)<sup>2)</sup>で与え、メッシュスケール比 1/3(1350m~50m)の one-way ネスティング手法を用い、追波湾、北上川、氾濫域を含む詳細領域 (**図-2** 参照) の解析の境界条件を求めた。地形データは、地震前の地盤高、堤防高から解析領域一様に 70cm の地盤沈下を考慮して作成した。

**図-5** に福地(8.6k)での実測値と計算値の水位時系列を示す。実測値では第一波目と第三波目が同程度の波高であり、第三波目は北上大堰からの反射波が重なったことによる水位上昇であると考えられる。解析では実測値より第一波目の水位を高く計算しているが、各波の到達時刻やその特徴を再現できている。**図-6** は解析結果のピーク水位縦断面図に痕跡水位をプロットしたものである。河道内、堤内地ともに解析水位が痕跡水位を概ね説明できているが、5~8k 右岸の河道内では痕跡に比べ解析水位が全体的に高くなっている。これは、右岸 4~5k 付近での破堤を考慮していないことが原因の一つであると考えられる。**図-7** に湾内を除いた河道内、堤内地での解析水位と痕跡水位の散布図を示す。痕跡水位は東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ<sup>3)</sup>による調査結果を用いている。全体的に解析水位は痕跡水位に比べ高くなっているが、破堤した右岸 4~5k 堤内地では解析水位に比べ、痕跡水位が低くなっている。

**4. 結論と今後の課題**

本研究では、一般 BVC 法を津波解析に応用した非静水圧準三次元津波解析法を開発し、模型実験と北上川の今次津波に適用した。模型実験においては、全体的な津波の伝播と津波フロントの立ち上がり、反射波による急激な水位上昇を本解析法が表現できることを示した。北上川の今次津波においては、やや水位を大きく計算しているものの、堰からの反射による水位上昇と全体的な痕跡水位を再現できることを示した。今後は、今次津波による北上川の津波河川遡上と氾濫流について、解析結果が実測値や痕跡水位と合わない原因を被災状況と合わせてさらに検討し、今次津波で生じた現象を実測と解析の両方から明らかにしていく。

**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)今村文彦, 越村俊一, 馬淵幸雄, 大家隆行, 岡田清宏: 東北地方太平洋沖地震を対象とした津波シミュレーションの実施 東北大学モデル(version1.2), 東北大学大学院工学研究科付属災害制御研究センター, 2012 3)東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ: 東北地方太平洋沖地震津波情報, <http://www.coastal.jp/tjt/>, (2015/2/16 参照)

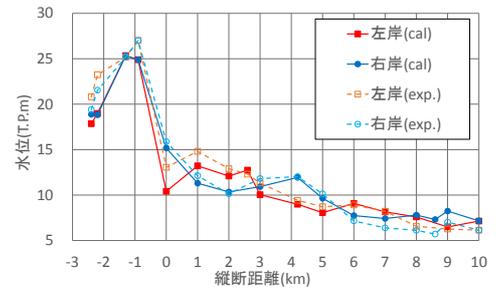


図-4 ピーク水位縦断面図

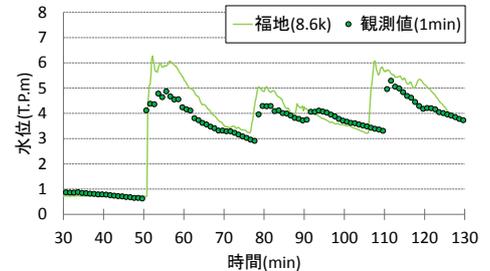


図-5 河川水位の実測値と計測値

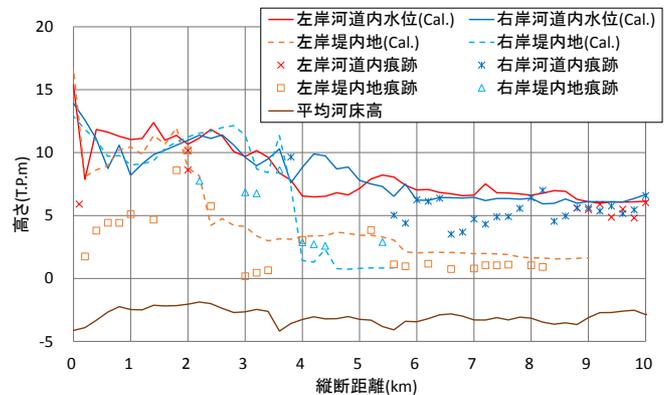


図-6 河道内・堤内地のピーク水位縦断面図と痕跡水位

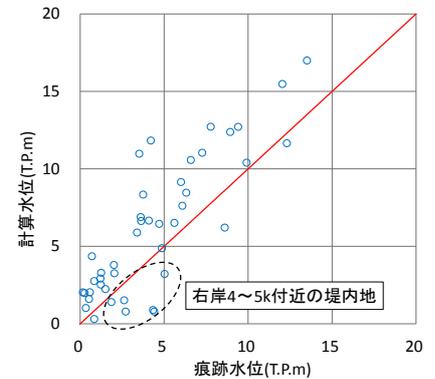


図-7 解析水位と痕跡水位の比較