

北上川における津波遡上と氾濫流に与える河川流・河口砂州の影響

国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所 正会員 ○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

今次津波に代表される最大クラスの津波がどのように河川を遡上し、氾濫するのか、また津波と河川流の相互作用を含めた一連の現象を理解することは防災対策を講じる上で重要である。例えば、今次津波の顕著な遡上が生じた北上川では、大規模な破堤氾濫や河口砂州のフラッシュ等の大きな地形変化が生じたが、これらの現象が津波遡上と氾濫に及ぼす影響は明らかでない。これまでに著者らは、非静水圧準三次元津波解析法を開発し、北上川右岸4.1~4.6kmの大規模な破堤が津波遡上や氾濫に与える影響を実測データと合わせて考察したり、本論文ではまず、より精度の高い今次津波解析を行うため、津波到達前の河川流況と初期水位の分布の適切な設定方法とその効果を検討する。そして、河口砂州のある場合とない場合の解析結果を比較し、その影響を明らかにすることを目的とする。

2. 検討方法と解析条件

本研究では、断層モデルを含む広域の津波伝播解析と追波湾、北上川、氾濫域を含む詳細領域の津波遡上・氾濫流解析に分けて解析を行う。図-1に解析のフローを示す。広域計算において、初期水位は地震発生直前の潮位T.P.-0.461mに東北大学モデル(version1.2)の断層パラメーターから求めた沈下量を与えて考慮した。平面二次元解析法を用い、メッシュスケール比1/3(1350~50m)の1wayネスティング手法を適用する。詳細領域の津波遡上・氾濫流解析には、非静水圧準三次元津波解析法²⁾を用いる。初めに地震発生直前の河川流況を解析した。解析地形は被災前の地形より作成した10mメッシュである。そして、地震による地盤沈下は瞬時に生じるとして、地震前後の水位計のゼロ点高変化と東北大学モデルによる沈下量分布を用いて解析した地震発生直前の河川流況に沈下量分布を与えた。この方法により、初期条件となる津波来襲前の河川流況を作成した。流入津波の境界条件は、広域計算から求めた50mメッシュの計算結果を用いて、湾域の水位、流速の時空間分布を与える(図-2参照)。上流端境界条件は、堰直下で堰放流量40m³/sを一定で与え、堰高を地盤高として考慮し、堰を通過する津波を考慮した。ここでは著者らの既往検討¹⁾と同様に、実際に大きな破堤が生じた右岸4.1km~4.6kmがあらかじめ破堤しているとした。また、河口砂州が津波遡上や氾濫に及ぼす影響を検討するため、河口砂州のある場合とない場合の解析を行う。被災前後の河道横断測量データ等を参考に、河口砂州を取り除いた地形条件を設定した。

3. 解析結果とその考察

まず、河川流、潮位の初期条件が津波遡上や氾濫流に及ぼす効果について検討する。図-3は広域計算における湾内での計算水位と痕跡水位の比較であり、初期水位をT.P.0.00m+沈下量のみで考慮した計算結果と比較する。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による速報値である。計算結果はややばらついてはいるが、全体的に痕跡水位に比べ大きい。これは、解析において湾内の複雑な地形や樹木群によるエネルギー減衰の評価が不十分であることが考えられる。これらについて今後検討する必要があるが、河川流況を適切に考慮することにより再

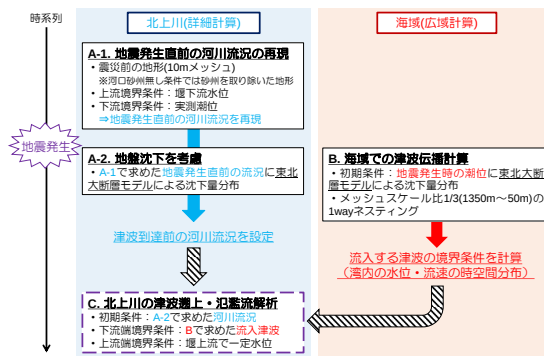


図-1 解析フロー

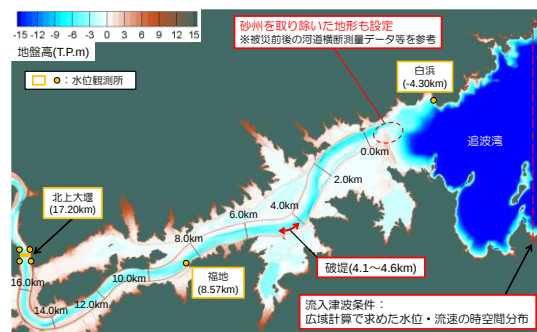
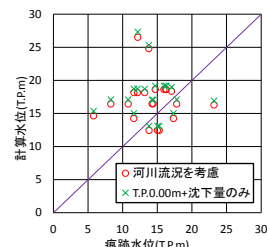


図-2 詳細計算領域

図-3 湾内痕跡と計算水位の比較
(河川流況の効果)

現性は向上している。図-4に観測所での水位波形の比較を示す。(a) 福地(8.57km)では、津波到達前の河川流況を適切に考慮した計算結果(赤実線)と沈下量のみを考慮した計算結果(緑実線)を比較すると、全体的な波形に違いはないが、初期水位の誤差による水位差が全体に生じており、ピーク水位にも同様の差が生じている。このように、河道内の初期水位は河道内ピーク水位にも大きく影響を及ぼすため、津波解析においては河川の初期流況を適切に与えることが重要である。次に、河口砂州が津波遡上や氾濫に及ぼす影響について検討する。(a) 福地(8.57km)では、どの計算結果も実測値に比べ、水位を高く計算しているが、各波の到達時間と全体的な波形は概ね再現されている。河口砂州有無の二つの計算結果を比べると、河口砂州が無いことにより各波の水位低下が大きくなり、特に100min付近の水位の下がり方は実測値と同様な波形となっている。また、第一波目の到達時間がわずかに早まり、波高が高くなっている。(b) 大堰下流左岸(17.20km)では、計算結果は第二波目の実測値を良く再現しているが、実測値に比べ第一波目の波高を低く、第三波目の波高を高く、到達を早く計算するなど、実測値を説明できていない。これは破堤の考慮方法や上流河道内高水敷の植生等の抵抗評価も原因と考えられるが、下流端境界条件となる湾内水位波形の再現性に問題があると考えている。図-5は計算水位と氾濫痕跡水位の比較であり、痕跡水位は国土交通省東北地方整備局により計測されたものである。堤内地を(a)左右岸下流部、(b)左岸2.4kmより上流、(c)右岸4.0~6.0km(破堤部)と大きく三つのブロックに分けて痕跡水位と計算水位を比較する。どちらの計算結果も痕跡水位に比べ、全体的に水位を高く計算しており、特に(a)ではその差が大きい。計算結果を比較すると、(a)、(b)では同様に砂州が無いことにより遡上量が増加し、計算水位が高くなっている。一方、破堤部である(c)では、砂州が無いことにより計算水位が低下している。図-6は氾濫量ハイドログラフである。どちらの堤内地においても初期は、砂州無しの計算結果の氾濫量が多い。しかし、破堤部である(b)においては、130min付近から砂州ありの計算結果の氾濫量が多い。これは引き波による河川流下方向の流量が砂州の存在により低減され、河道内の高い水位が長く継続し、河道内水位より破堤高が低い破堤部への氾濫が助長されたためと考えられる。以上より、河口砂州は津波の遡上量を低減し、河道内水位を低下させ、津波の到達時間を遅らせる効果を持つ。しかし、一方で引き波による河川流下方向の流量を低減し、河道内の水位が高い状態を継続させることから、河道内水位より低い堤防高、例えば破堤部において、氾濫量を増加させる可能性がある。このため、河口砂州の存在が津波波高を大きくするかどうかは、湾内で生じる津波波形と河道や氾濫域の地形特性によって変わると考えられる。

4. 結論

本研究では、津波到達前の河川流況を適切に考慮した初期条件の設定方法を構築し、津波解析を行った。初期水位の差は河道内のピーク水位に大きく影響することから、津波解析においてはその適切な考慮が重要である。大規模な砂州のフラッシュが生じた北上川で、河口砂州のある場合とない場合の解析を行い、結果を比較した。河口砂州が及ぼす影響は引き波時の水位低下の抑制であり、破堤部など堤防高が極端に低い箇所においては氾濫量を増加させる可能性がある。しかし、その影響は遡上する津波波形や地形特性に依存するため、河口部での水位波形の取得や空撮等により津波現象を観測し、実測データと解析結果を相互に検証し、実態を解明することが求められる。

参考文献 1) 松井大生, 内田龍彦, 福岡捷二: 北上川における津波の河川遡上と氾濫流解析から導かれる現地観測データの解釈, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.72, No.4, I_415-I_420, 2016. 2) 松井大生, 内田龍彦, 中村賢人, 服部敦, 福岡捷二: 非静水圧準三次元解析法による北上川の津波河川遡上・氾濫流の一体解析, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.71, No.2, I_181-I_186, 2015.

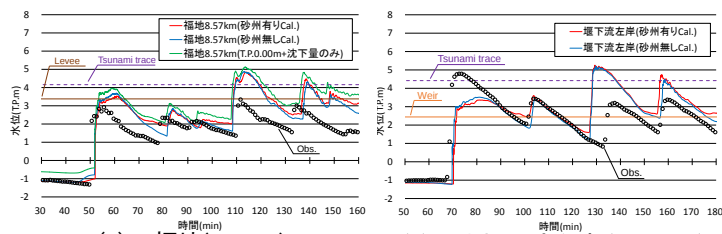


図-4 観測所での水位波形(河川流況の効果と河口砂州の影響)

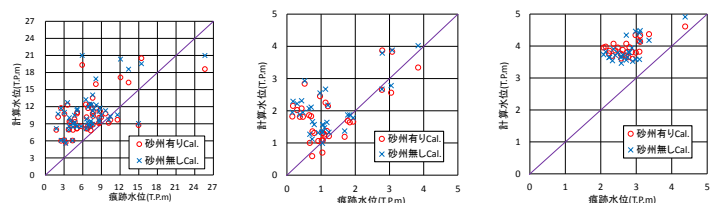


図-5 氾濫痕跡水位と計算水位の比較(河口砂州の影響)

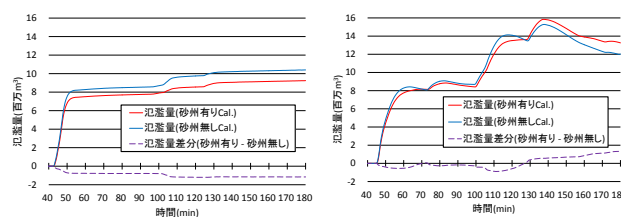


図-6 氾濫量ハイドログラフ(河口砂州の影響)