

洪水流の水位上昇によって生じる水理現象に関する研究

水圏防災工学研究室 諏訪田大樹
指導教員 細山田得三

1. 序論

令和元年10月台風19号通過に伴う出水の影響で、信濃川水系では各所で決壊や越水による浸水被害が発生した。信濃川中流域では氾濫は発生しなかったが、上流域の洪水の流下により、計画高水位を長時間超過した。堤防は計画高水位以下の水を安全に流下させるように設計されており、河川水位が計画高水位を超過すると堤防は破壊される可能性があるため、河川水位は少しでも低くできるように対策しなければならない。河道空間内に存在する橋梁や堰といった障害物は流下能力を低下させ、水位上昇を引き起こす原因となる。橋梁の付近では、橋脚から上流側の堰上げ背水による水位上昇や、橋脚側方への縮流による迂回流が周辺の堤防を破壊するといった危険が予測される。こうした危険への対策を考える上で、洪水時の水位予測や河川構造物付近の流況を把握することは重要である。

本研究では、洪水時において、障害物による河川流の阻害から発生する流れ場について、iRICソフトウェアのソルバーNays2DHを用いた平面2次元解析を行い、流況の把握及び障害物による水位上昇量と影響範囲の検討、また氾濫の危険となり得る箇所を検討することを目的とした。

2. 洪水流の再現計算

令和元年10月台風19号通過時、信濃川中流域で計画高水位を超過した洪水流についてiRIC-Nays2DHを用いて再現計算を行い、流況の把握及び障害物による流況への影響の比較を行った。

2.1 計算条件

計算対象区間は図-1に示す、与板橋~JR越後線信濃川分水橋梁下流2kmの約10kmの範囲とした。計算格子は、定期横断測量のデータを用いて、図-2に示すように横断方向に40分割、縦断方向には障害物セルを設置する範囲で約15m間隔、その外側の距離標間で約30m、60m、100m、距離標間毎の分割と設定した。上流端流量には、台風19号通過時の2019年10月13日1時から14日0時までの長岡の流量を2時間遅く与え、下流端水位には、長岡観測所と大河津観測所の同時刻の水位を外挿によって推定した。計算時間は、大河津観測所で水位がピークとなった2019年10月13日15時の12時間前後である、10月13日3時から14日2時までとした。また、障害物セルの設置は

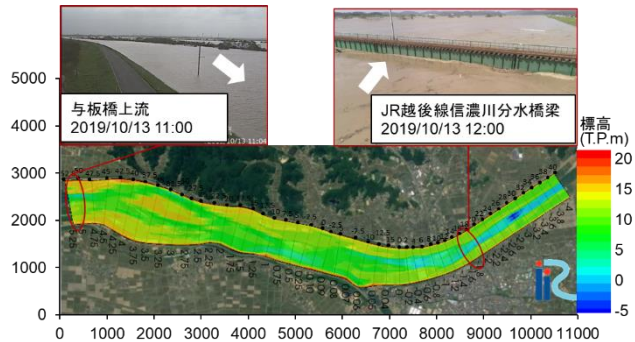


図-1 計算対象区間

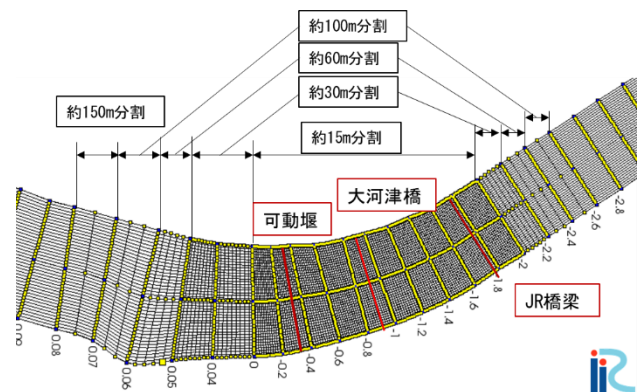


図-2 計算格子の分割方法

表-1 障害物セルの設定方法(Case2)

橋梁	距離標 No.0からの距離(m)	川幅 (m)	河積阻 害率 (%)	合計橋脚幅 (m)	障害物セル数 (格子幅約15m)
JR橋梁	1766.0	600	5	30	2 (30m)
大河津橋	870.0	650	5	32.5	2 (30m)
可動堰	341.0	700	10	70	4 (60m)

Case1が無し、Case2ではJR越後線信濃川分水橋梁、大河津橋、大河津可動堰の橋脚と堰柱を障害物として設置した。障害物セルの設定方法は表-1に示す通りとし、障害物セルは断面に等間隔に設置した。マニングの粗度係数は検証結果から計算領域全体で $0.027s/m^{1/3}$ とした。計算結果の出力時間間隔は600s、タイムステップは0.01s、計算結果の出力開始時間は0sとした。ここで説明しない計算条件については、iRIC-Nays2DHの標準の設定を使用した。(以降、図や文中でJR越後線信濃川分水橋梁はJR橋梁と略する)

2.3 計算結果

令和元年台風19号通過時の洪水流について再現計算を行った結果について考察を行う。図-3に河川流心水位の縦断分布を示す。増水中の12時時点において、Case1では計画高水位を超過していないが、Case2では超過している区間がある。14時にはCase1, 2共に全体で計画高水位を超過し、15時から16時のピークを境に水位は低下した。減水中の20時時点においては、Case1では既に全領域で計画高水位を下回ったが、Case2では超過している区間が確認された。Case1においては、約6時間におよび計算領域全体で計画高水位を超過していた。Case2では計算領域全体で約8時間におよび計画高水位を超過していた。

障害物の有無による水位の差は、可動堰上流側において、Case2はCase1より0.1m程水位が高いことが確認できた。本計算の洪水では、水位が上昇時及び下降時に1時間に約0.2mのペースで水位が変動していた。水位の上昇時にはCase2の方が30分早く計画高水位を超え、下降時には30分遅く計画高水位を下回る。つまり、水位が0.1mの差は計画高水位の超過時間を1時間長くさせると考えられ、0.1mの水位差は大きいといえる。

図-4にJR橋梁付近の水位ハイドログラフを示す。JR橋梁の架かる断面における計画高水位かつ桁下標高のT.P.15.795mを計算水位では約6時間40分間超過した。ピーク水位は桁下より約0.4m上昇し、河川水は橋桁にぶつかっていたと考えられる。

3. 河道内の構造物による水位上昇量

2節の再現計算の計算区間から上流側へ計算領域を延長し、JR橋梁橋脚の河積阻害率の変化による水位変化量と影響範囲を検討した。

3.1 計算条件

計算区間は長岡観測所からJR橋梁下流2kmの約23km区間とした。計算格子は、節2.1と同様の分割方法を用い、上流側へ延長した部分の格子分割は測点毎での分割とした。境界条件として、上流端流量は、長岡観測所の流量がピークとなる2019年10月13日12時の12時間前である10月13日1時から14日2時までの期間の流量を与えた。下流端水位は節2.1と同様の方法にて推定した。障害物セルの設定は、大河津橋と可動堰については表-1と同様、JR橋梁については、河積阻害率という指標で変化させた。JR橋梁の河積阻害率の変化は、表-2に示す障害物セルの条件とし、断面に対し等間隔に設置した。その他の計算条件は2節の再現計算と同様とした。

JR橋梁と、水位を比較した断面の位置は図-5に示す通りである。

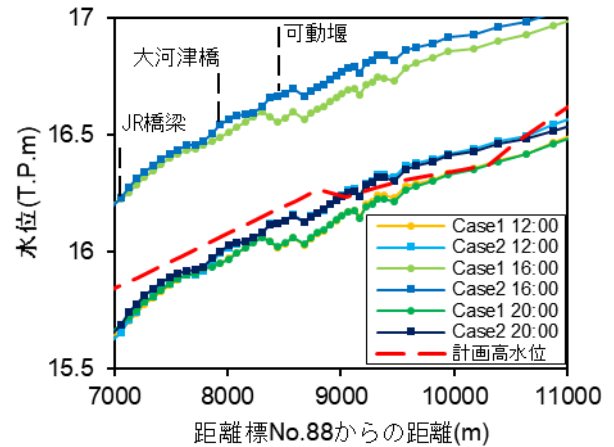


図-3 縦断水位分布

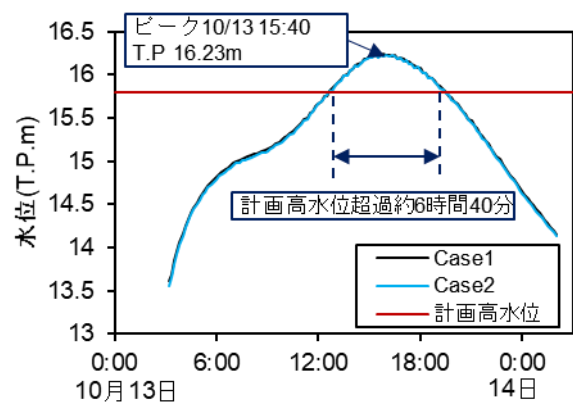


図-4 JR 橋梁付近の水位ハイドログラフ

表-2 JR 橋梁の障害物セル設定条件

Case	河積阻害率 (%)	合計橋脚幅 (m)	障害物セル数
Case2	5	30	2
Case3	0	0	0
Case4	7.5	45	3
Case5	10	60	4



図-5 JR 橋梁と水位取得断面の位置図

3.2 計算結果

水位がおおよそピークとなった15時時点における各地点の水位を示す。

図-6に大河津分水路の距離標No.0地点(分派点付近)の水位を示す。河積阻害率が大きい程、水位は高い。河積阻害率が10%のCase5と0%のCase3とでは水位差は4.6cmであった。

図-7に距離標No.50地点(与板橋付近)の水位を示す。Case3とCase5との水位差は3.9cmであった。

図-8に距離標No.80地点の水位を示す。Case3とCase5との水位差は1.9cmであった。

図-9に距離標No.110地点(信濃川橋付近)の水位を示す。Case3とCase5の水位差は0.7cmであった。JR橋梁から約14500m上流の地点で、河積阻害率による水位差は1cm未満となり、橋脚による影響は小さいことが確認された。

4. 結論

本研究より得られた知見を以下に示す。

- 数値計算を行った与板橋からJR橋梁の下流2kmの範囲では全体で約6時間河川水位が計画高水位を超過していた。
- JR橋梁は約6時間40分間河川水が橋桁にぶつかっており、桁下より最大約0.4m程水位は上昇していた。橋脚や橋桁に河川水がぶつかる現象を考慮すると、堤防を切り欠きして設置している部分から浸水や破堤する危険性がある。
- 河道内の構造物の上流側では水位が上昇する。本数値計算のモデルで、JR橋梁の橋脚を実際とは異なる本数や幅で計算を行った結果、容積阻害率が10%以内ならば約14500m上流で水位の上昇量は1cm以下となった。

参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局: 令和元年東日本台風北陸地方整備局管内の被害記録
<https://www.hrr.mlit.go.jp/bosai/higasinihontaihu/newpage1.html>(2021.1.15閲覧)
- 2) iRICSoftware <https://i-ric.org/> (2021.2.6閲覧)
- 3) 玉井信行,石野和男,榎田真也,前野詩朗,渡邊康玄: 豪雨による河川橋梁災害-その原因と対策,技報堂出版,2015,pp1-162

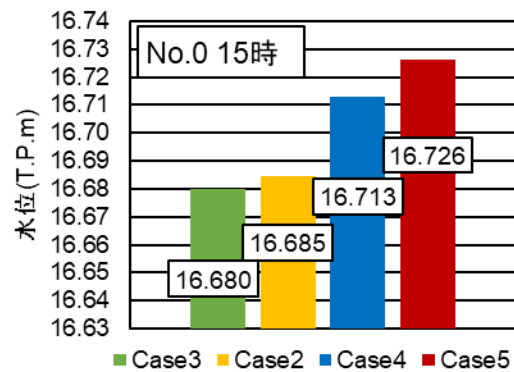


図-6 河積阻害率による水位 No.0, 15時

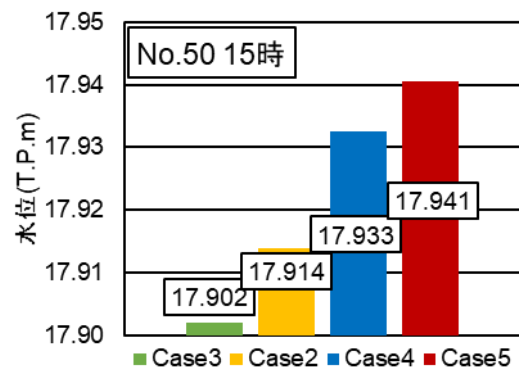


図-7 河積阻害率による水位 No.50, 15時

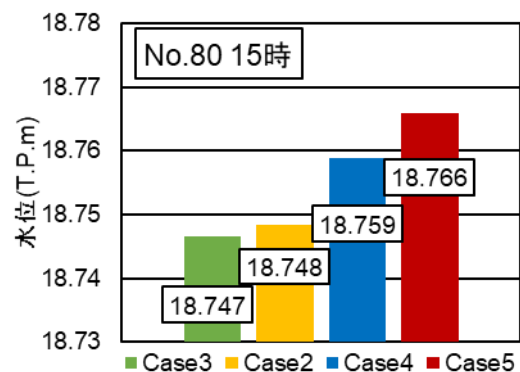


図-8 河積阻害率による水位 No.80, 15時

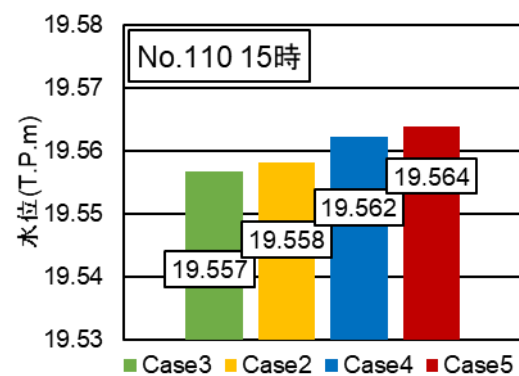


図-9 河積阻害率による水位 No.110, 15時