

増水時における JR 越後線信濃川分水橋梁の水理学的対策の検討

水文気象研究室 青木悠悟

1. 背景と目的

近年、豪雨による河川の増水、氾濫が急速に増加しているため、被害の低減するための対策が急務である。新潟県では、2019年10月の台風19号によって記録的な大雨となり、長岡市長生橋付近やJR越後線信濃川分水橋梁付近など、複数の河川観測所で観測史上最大水位を観測した。図1⁽¹⁾は2019年10月の台風19号によって増水したJR越後線信濃川分水橋梁の様子を表している。図1⁽¹⁾から、橋脚が確認できなくなるほど増水しており、橋梁が完全に水没する危険が高まっている。また、流木が橋梁に衝突することも懸念される。以上の理由から、今後、増水が発生すると橋梁が崩壊する危険が非常に高まっており、甚大な被害を受けるおそれがある。国は左右岸の堤防強化工事による対策を行ったが、その対策では、越水に対する対策はできるが、水位を低下させることはできず、橋梁の破壊を防ぐ対策にはならない。



図1⁽¹⁾ 2019年台風19号によって増水したJR越後線信濃川分水橋梁の様子

そこで、本研究では、河川シミュレーションを用いて、JR越後線信濃川分水橋梁付近の増水時の状況を複数の条件で解析することによって、水理学的に水位を低下させる対策を検討することを目的として研究を行った。

2. 理論的対策

開水路における水の流れ方は、流速と波の伝播速

度(波速)との関係やフルード数(流速と波速の比)により常流と射流に分けられる。常流は流速が波速より遅くフルード数が1より小さい流れ、射流は流速が波速より速くフルード数が1を超える流れである。

川の水位を下げる方法は、常流射流に応じて以下の理論的対策が考えられる。

(1)河床の凹凸で調整する方法

理論的に、図2に示されるように、河床に突起があると、常流の場合は突起上で水位が下がり、射流の場合は突起上で水位が上がることになる⁽²⁾。逆に、河床にくぼみがあると、常流の場合は水位が上がり、射流の場合は水位が下がることになる⁽²⁾。増水時のJR越後線信濃川分水橋梁付近の流れは計算によって常流と確認されたため、橋梁を通過する水位を低下させるために橋のところで河床を突起させることになる？これは多くの人の直感や常識に反することであろう。

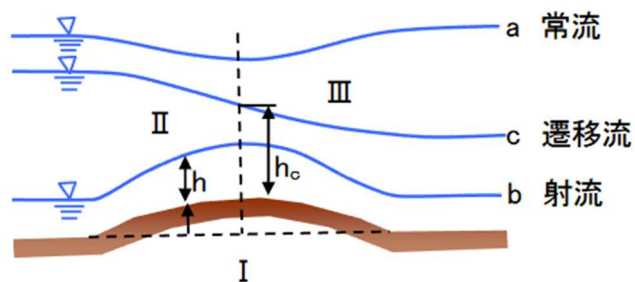


図2 河床に突起がある場合の水深変化

(2)河川幅の拡張で調整する方法

理論的に、図3に示されるように、川幅が収縮する場合、常流の場合は水位が下がり、射流の場合は水位が上がることになる⁽³⁾。逆に、川幅が広がる場合、常流の場合は水位が上がり、射流の場合は水位が下がることになる⁽³⁾。増水時のJR越後線信濃川分水橋梁付近の流れは常流と確認されたため、橋梁を通過する水位を低下させるために橋のところで川幅を収縮させることになる？これはまた多くの人の直感や常識に反することであろう。

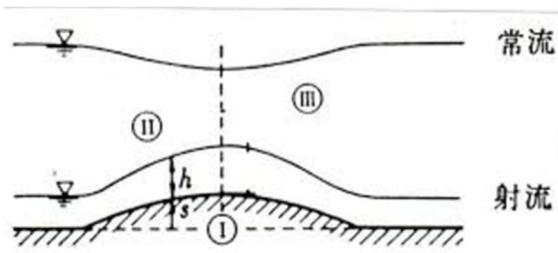


図3 水路幅の収縮による水深変化

(3)河床の粗度係数で調整する方法

川の流速は河床の粗度係数の減少で速くなるため、同じ流量の場合、粗度係数を小さくすれば、常流射流にかかわらず水深が浅くなる。JR 越後線信濃川分水橋梁付近の粗度係数を小さくすれば、水位低下は図れるとも考えられる。

水理的に JR 越後線信濃川分水橋梁を通過する水位を下げるには 1) 河床に突起を作る、2) 川幅を収縮させる、3) 粗度係数を小さくする、という 3 つの方法で検討していくこととした。

3. 理想的な条件による対策の検討

方法としては、河川幅 750 m、全長 7500 m、河床勾配 0.001、粗度係数 0.044 の直線長方形横断面水路（基準水路）を作成し、中央部に橋梁があることを想定した。その水路を基準として、1) 橋梁の位置の河床に突起を作った水路、2) 橋梁の位置の河川幅を収縮させた水路の 2 つの水路を作成し、そこに同流量の水を流して基準水路の水位と比較した。また、河川幅 750 m、全長 10000 m、河床勾配 0.001、粗度係数 0.044 で橋梁の位置を想定しない水路を作成し、3) 橋梁付近の河床の粗度係数を 0.025 に下げた水路の水位と比較した。

1) 橋梁の位置の河床に突起を作ることによる対策

橋梁の位置の河床に以下の図 4 に示した平面の全縦断河床図のような幅 100 m、高さ 2 m の突起を作り、流量 9000 t/s、計算時間は 7200 秒で水を流して計算を行った。水位と比較すると、河床突起作成時の水位は、基準水路の水位に比べ、約 0.6 m 下がった。よって、突起を作ることは水位を下げる効果のある方法と考えられた。

しかし、川幅全体に突起を作ることは、莫大なコストと時間を要すると推測できるため、川幅全体ではなく局所的に突起を作れば良いのではないかと考えた。両岸のみ、中心のみ、両岸と中心両方に突起を作って計算した。その結果、どの方法でも川幅全体に突起を作った結果と比べて 0.1 m 効果が小さくなった程度で、局所的に突起を作っても効果は出るということが分かった。

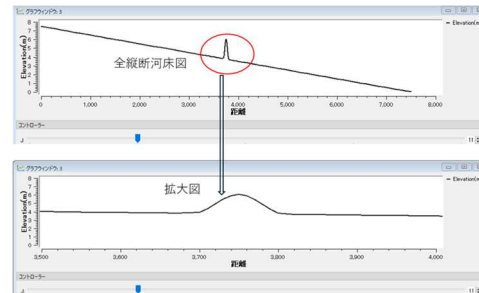


図4 橋梁直下に河床突起作成時の縦断面河床図

2) 橋梁の位置の河川幅を収縮させることによる対策

橋梁の位置の河川幅を縦断方向 100 m、横断方向片側 50 m ずつ縮小させた水路を作成し、計算を行った。その結果、橋梁の位置の水位は、岸側で基本水路と比べて約 0.18 m、中央部では約 0.10 m 下がった。どちらもわずかに下がった程度で、大きな効果にはならなかった。また、橋梁の位置よりも上流側でわずかに水位上昇がみられた。この方法は効果が小さく、橋梁手前で上昇してしまう対策は有効ではないと考えた。

3) 粗度係数を下げることによる対策

水路の中心から左右に 500 m、1000m、合計で 1000 m、2000m 区間の粗度係数を以前設定していた 0.044 から 0.025 に変更し、その他は 0.044 のままとした 2 つの水路を作り、計算した結果、粗度係数変更前から水位の低下が始まり、粗度係数の変更開始地点で最も水位が低下した。また、粗度係数の変更区間を広げることによって、最低水位の値が下がったため、変更区間を広げるほど効果が大きくなると考えられた。

4. 結論

JR 越後線信濃川分水橋梁付近の水位を下げるために、1) 河床に突起を作る、2) 河川幅を収縮させる、3) 粗度係数を小さくするという3つの方法について理想的な理論水路によって、検証を行った。その結果、コストパフォーマンスや実現性などを考えると、1) の河床に突起を作ることによる対策と 3) の粗度係数を下げることによる対策を今後実地形でも検討していくべきであると考えた。

参考文献

- 1) 国土交通省、北陸地方整備局、信濃川河川事務所、分水路だより、令和4年10月1日号 (No.90)
<https://www.hrr.mlit.go.jp/shinano/bunsui/event/dayori/090.pdf>
- 2) iRIC Software Yasu's Website lecture、2章 開水路における急変流、p.20,21
- 3) iRIC Software Yasu's Website lecture、2章 開水路における急変流、p.24,25