

再現解析による流出・氾濫解析モデルの精度に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 ○馬目 凌 正会員 渡邊 諭 非会員 河村 祥一
 (株)日立製作所 正会員 山口 悟史 (株)日立パワーソリューションズ 非会員 楠田 尚史

1. はじめに

短時間で急激に発達する積乱雲による局所的豪雨が発生すると、河川の水位が急激に増加し、場合によっては鉄道施設が浸水することも想定される。そこで、本研究では、こうした氾濫・浸水ハザードを短時間で予測する手法の開発を目指している。本稿では、対象流域において作成された流出・氾濫解析モデルを用いて、2019年10月の台風21号通過時の再現解析を実施し、解析水位と観測水位との比較、浸水については国土地理院が発表した浸水想定段彩図 (https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/R1_10gatsuheavyrain.html) との比較を行い、それらについての考察を行った。

2. 流出・氾濫解析モデルの概要と解析条件

本稿で述べる流出・氾濫解析の概要を図1に示す。流出・氾濫解析モデルでは、数値標高モデル(以下、DEMという)上に、断面形状を再現した河川をモデル化し、DEMの傾斜情報を用いて河川に雨水が流れ込む流域を定義する。任意の降雨をDEM上に作用させると、その雨水は①キネマティックウェーブモデルの分布型流出モデル¹⁾により、地形の傾斜に沿って対象河川へ流下し、②河川への雨水の流入量から河川流量と水位を逐次計算し、河川水位が堤防高を超えると越流が発生すると判定する。越流した氾濫水は③二次元不定流解析²⁾によって地表面を流下し拡散あるいは湛水する。なお、本稿では①、③の解析のメッシュサイズは25mとした。

実現象においては、田畑への水の貯留が河川水位や浸水範囲・深さに影響することが想定される。本モデルでは、降雨や氾濫水が田畑へ貯留される現象については、田畑に貯留される流量を設定し、氾濫発生時にこの流量を流域外へ排出することで、疑似的に田畑の貯留効果を再現した(以下、ポンプ機能とする)。本モデルの詳細については、山口ら²⁾を参照されたい。

本稿では、過去に河川氾濫による浸水被害があり、鉄道との交差部を有する河川を解析対象河川、流域(図2)とし、同流域に2019年10月25日に発生した降雨(流域平均総雨量約191mm、最大降雨強度約69.5mm/h)時に記録されたXRAINの観測値を作用させ、流出・氾濫解析を実施した。また、図2中のAにおける水位観測結果と解析結果の比較、浸水については国土地理院が発表した浸水想定段彩図との比較を行った。

3. 観測水位

A点における観測水位は上昇率が複数回変化しており(図3中□、○、△)、降雨形態やA点周辺の地形・構造物などが影響していると推察されるが、ここでは後者が影響していると仮定して考察を行う(図4)。そして、河川水位の増減には浸水・氾濫の挙動も影響していると考えられるが、実現象においてはその挙動について詳細が不明であるため、ここでは解析上で発生した、A点より上流から氾濫が発生し、A点より上流で発生した氾濫水がA点付近で河川へ流入する(図5)、という挙動が実現象においても発生したと仮定し、考察を行った。A点は鉄道と河川の交差部であり、兩岸には河川堤防が存在する。堤防と河川の間は平坦部となっており、上流側と比較して川幅が広がっている。A点の上流側においては支川が接続しており、かつ川幅が狭いため、上流側において水位が上昇

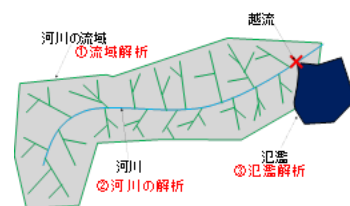


図1 流出・氾濫解析の概要

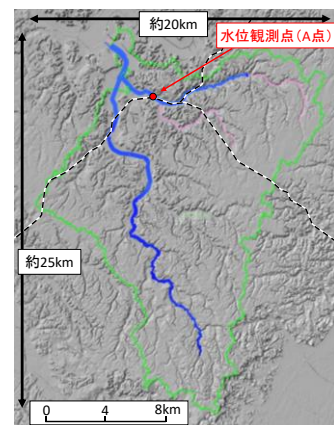


図2 対象流域

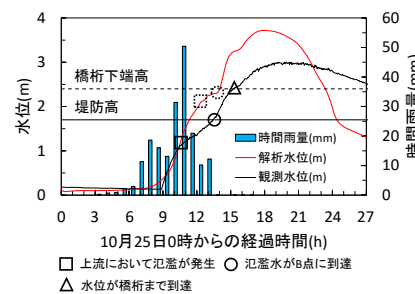


図3 A点での水位比較

キーワード
連絡先

流出解析、氾濫解析

〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 防災技術研究部 地盤防災 Tel.(042)573-7263

しやすい状況にあると考えられる。河川周辺の主な土地利用は田畑であり、降雨や河川氾濫水を貯留することが想定される。10時30分前後の水位上昇率の減少（図3中の□）は、A点より上流で氾濫が発生し、河川兩岸の田畑へ水が貯留されたためであると考えられる。続いて、13時30分前後の水位上昇率の増加（図3中の○）は、A点より上流で発生した氾濫水が、A点付近で堤防を越えて河川へ流入したためであると推察される（図4）。15時前後の水位上昇率の減少（図3中の△）は、観測水位が橋桁下端の高さを超えると水流は上流側の橋桁に衝突し、橋桁が堰のような役割を果たすためであると推察される。

4. 解析水位

解析水位は、12時前後（図3中の□（破線））、14時前後（図3中の○（破線））に水位上昇率が変化している。12時前後（図3中の□（破線））の水位上昇率の増加は軽微ではあるが、解析においてA点の上流で越流判定が発生しており（図5左）、越流の発生により水位の上昇が緩やかになる現象を再現できていると考えられる。14時前後（図3中の○（破線））の水位上昇率の増加は、上流からの越流水がA点へ到達してから発生しており（図5右）、河川周辺の田畑からの氾濫水の再流入を再現できているといえる。しかし、その後の観測水位で見られた水位上昇率の低下（図3中△）は再現できなかった。DEMは鉄道橋と河川交差部の立体構造を再現できないため、解析水位が橋桁下端の高さを超えても実現象のような橋桁による水位上昇の障害は発生しなかったためである。

解析水位と観測水位を比較する（図3）と、水位上昇の開始から水位が1m程度まではほぼ同値で推移するが、その後、水位がピークに達し、解析水位が大きく下降するまで解析水位は観測水位を上回っていた。水位のピークは解析結果が18時前後に3.7m、観測水位が19時前後に2.9mであり、解析水位の方が1時間程度早く最大値に達し、水位は0.8m程度高かった。ピーク後の水位の下降は、解析水位の方が短時間で大きく減少し、時間経過とともに観測水位との差が大きくなる。観測水位との乖離についての定量的な評価は今後の課題である。

5. 解析結果（浸水範囲・深さ）

浸水範囲・深さについて、解析結果と浸水想定段彩図を比較したところ、概ねその傾向が一致した（図6）。その理由として、河川の周辺が田畑で地表面の起伏の変化が比較的単調であるため、25mDEMでも地形を十分に再現できたことが挙げられる。また、ポンプ機能による排水量が実際の河川からの総氾濫流量と大きな乖離がなかったためであると考えられる。

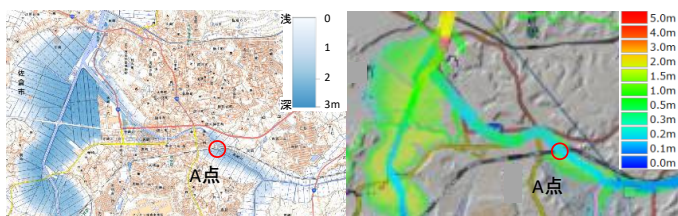


図6 浸水想定段彩図（左）と解析結果（右）の比較

6. まとめ

本稿では、対象流域における2019年10月の台風21号通過時の流出・氾濫解析を実施した。A点では地形や構造物の影響を受けたと考えられる水位変動をしており、本流出・氾濫解析モデルでその現象の一部を再現することができたが、再現できない現象があることも明らかになった。今後の課題として、水位については解析で再現できなかった現象を考慮した定量的な評価、浸水については流域周辺における被害の発生時刻や状況を収集し、その情報と照らし合わせた詳細な精度検証の実施などが挙げられる。

ここでの内容には、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災技術の強化」（管理法人：JST）（2014年度～2018年度）による取り組みが含まれている。また、河川に関する図面は印旛土木事務所より提供頂いた。

参考文献

- 1) 立川ら、飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, doi:10.2208/prohe.48.7.2004
- 2) 山口ら、鉄道運行支援のための河川水位・氾濫域予測モデルの開発土木学会令和2年度全国大会年次学術講演会講演概要集。



図4 A点周辺の地形
（上:平面図、下:a-a断面図）



図5 解析上の氾濫水の拡散の状況