

都市部流域における線路への流入を考慮した流出・氾濫解析に関する基礎検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○馬目 凌 正会員 渡邊 諭
正会員 湯浅 友輝

1. はじめに

鉄道では、雨量や河川水位をもとに運転規制を実施して安全輸送を図っているが、短時間で急激に発達する積乱雲による局所的豪雨による氾濫・浸水現象を直接的に反映した運行管理手法は確立していない。そこで、本研究では顕著気象がもたらす氾濫・浸水ハザードをリアルタイムに利用する手法の開発を目指している¹⁾。

豪雨時における鉄道の災害形態の一つとして、集水地形や道路との交差点から雨水が流入し、バラスト流出や場合によっては土構造物の侵食崩壊などがある。しかし、現在の流出・氾濫解析モデルにおける線路は地形の一部であり、上記のような現象については十分な検討はなされていない。そこで本稿では、降雨時における線路への水の流入出についての基礎検討を行うために線路を河川モデルとして組み込んだ(以下、線路モデルという)浸水・氾濫解析を実施し、実際の観測値との比較を行った。以下に、流出・氾濫解析モデルの概要および検討結果を示す。

2. 流出・氾濫解析モデルの概要

本稿で用いた流出・氾濫解析の計算の流れを図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から河川に雨水が流れ込む流域を定義する。任意の降雨がDEM上に降り、その雨水は地形の標高にしたがって対象河川に流れ込む(①流域解析)。このときの流出解析モデルは、キネマティックウェーブモデルの分布型流出モデル²⁾を用いる。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(②流出解析)、河川水位が増加して越流する場合には③氾濫解析を二次元不定流解析³⁾により連続的に行っている。

本解析における線路モデルは図2に示す断面形状および縦断勾配を有する河川モデルである。図1(左下)に示すように、通常時の降雨は落水線を流下し河川に流入するが、降雨がある閾値(50mm/h)を超えると落水線と線路との交差点から線路モデルに流入する設定とした。

3. 解析条件

本研究では図3右下に示す都市部小河川に近傍のエリアに対し、上記の解析条件で複数の降雨に対する解析を実施し、浸水しやすいと判定されたA~C(図3)について、2018年8月から水位観測を実施している。そのデータより、2018年8月27日に発生した降雨(図4:総雨量75mm、10分間最大雨量37.5mm)において、最大水位を観測した。そこで本稿では、この降雨時における面的な降雨をXRAINから取得し、これを解析対象の流域に与え、解析と実測の水深を比較した。

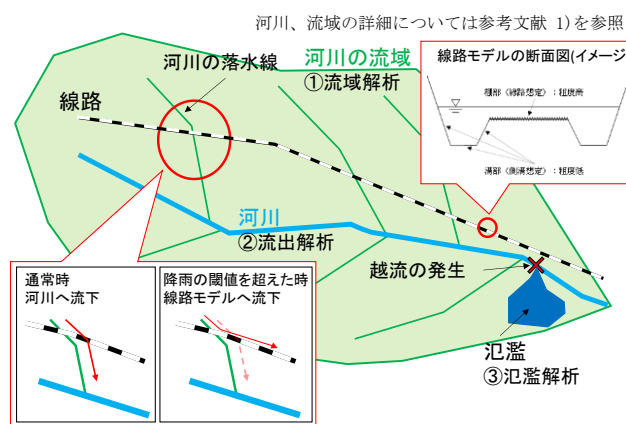


図1 流出・氾濫解析のイメージ図

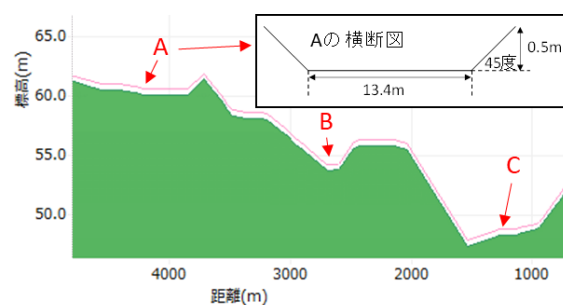


図2 線路モデル縦横断面図(A~Cは図3に対応)

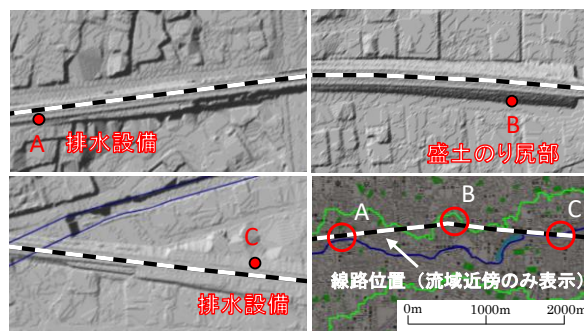


図3 流出・氾濫解析の対象エリア

キーワード

流出解析、氾濫解析

連絡先

〒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

4. 解析結果

図4に流域平均雨量、A,B,Cにおける水位の観測データ(以下、実測値とする)および解析結果(以下、解析値とする)を示す。降雨は19時30分～20時頃にかけて流域を南東方向へ移動しており(図5)、A(解析値:19時35分、実測値:19時39分)、B(解析値:19時35分、実測値:反応なし)、C(解析値:19時35分、実測値:19時42分)にそれぞれ水位が上昇した。A、Cにおいて、実測値はそれぞれ0.10m、0.15m程度まで増加した後、減少した。解析値はピークに達した後それぞれ、Aでは一定、Bでは0.50m程度に収束、Cでは減少する傾向を示した。

線路モデルへの流入条件は1分あたりの降雨強度50mm/hとしたが、水位が増加を開始する時刻の差は実測値と解析値の間で5分程度であった。

実測値Bの水位は上昇しなかったが、この原因としてBは線路盛土の下を道路が通過する立体交差部付近であり、水位計は盛土のり尻に設置されていることから実際の水位は上昇しなかった。これに対し、解析では盛土上であっても連続した河川モデルになっているため、実際の地形に対して滞水するためである。

一方、線路モデルに流入した水は同モデル内を縦断勾配にしたがって流下し、末端以外ではその水は消散しない設定としている。図2を見ると、A,Bは線路モデルの落ち込み勾配点付近となっているため、どちらも滞水した水がそのまま保持される。Cの水位は線路モデルの高さである0.5mを超えており、溢水により線路モデルの高さである0.5mに収束したと考えられる。一方で、Cは線路モデルの落ち込み勾配点ではないため、降雨後は標高が低い方向に水が流下し、解析値Cは徐々に減少する結果となったと考えられる。

解析値の最大値については、線路モデルは排水溝の断面形状と比較して極めて大きく、また降雨の閾値を超えた際の線路モデルへの流出率などのパラメータが線路モデルへの流量を過大評価する結果になったと考えられる。

4. まとめ

本稿では、線路を河川モデルとして組み込み、1分あたりの降雨強度50mm/h以上の降雨が発生した場合、落水線と線路モデルの交差部から線路モデルに水が流入するという条件で浸水・氾濫解析を行った。その結果、選定した3箇所(A、B、C)における実測値と解析値の反応時刻の誤差は5分程度であった。一方で、線路モデルへの流量は過大評価であり、今後の課題として、水位計のデータ蓄積により改正事例を増やし、様々な降雨に対して線路モデルへの流入の閾値や線路モデルの流入に関するパラメータや浸透について検討を行う必要があると考えられる。

本報告の内容の一部は、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)により実施したものである。

参考文献

- 1) 馬目 凌、渡邊 諭、湯浅友輝:都市部流域における流出・氾濫解析結果の精度検証に関する基礎検討、平成30年度全国大会第73回年次学術講演会
- 2) 立川康人、永谷 言、寶 馨: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、水工学論文集、pp. 7-12、vol. 48、2004. <http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00028/2004/48-0007.pdf>
- 3) 水理公式集平成11年度版、p. 97、式(2-2.21)

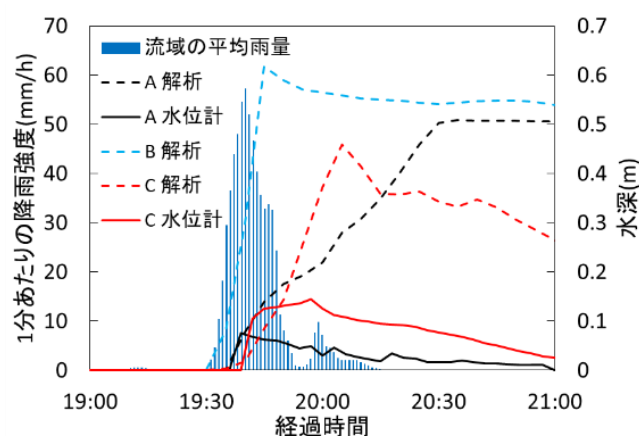


図4 入力降雨とA,B,Cにおける水深

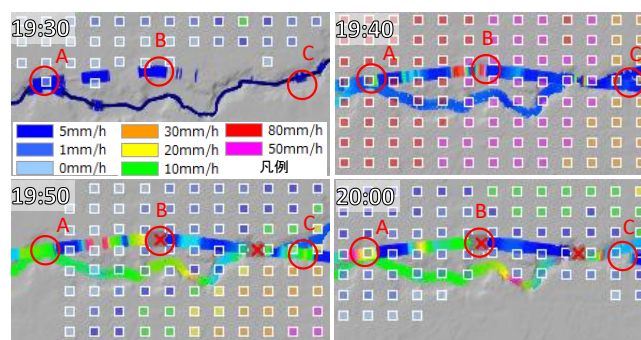


図5 A,B,C 付近の降雨分布(19:30~20:00)