

氾濫・浸水解析における異なるモデルの精度比較

鉄道総合技術研究所 正会員 ○深野 雄三 正会員 渡邊 諭

1. はじめに

近年、短時間で極端な降雨事象が頻発しており、これに伴う急激な河川水位の上昇によって鉄道施設が浸水することが想定される。本研究では、面的な氾濫・浸水解析を実施して、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、氾濫・浸水解析の精度向上を目的として、解析パラメータ等が異なる解析モデルを複数作成し、過去に河川の氾濫が生じた降雨を含む複数の降雨事例を対象として再現解析を実施し、水位の解析値と実測値との差の傾向から各モデルの精度を比較した。

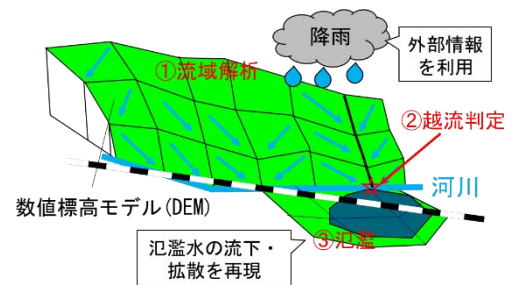


図1 氾濫・浸水解析の概要

2. 氾濫・浸水解析の概要および解析条件

本稿で使用した氾濫・浸水解析の概要を図1に示す。この解析では、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。そして、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に流入する雨水の量（流域解析）、②この雨水の量を入力値とした河川流量と水位、および水位から越流の判定（越流判定）、③二次元不定流解析²⁾による氾濫水の地表面への流下、拡散あるいは湛水を時系列的に計算する。①、③の解析では、メッシュサイズを25m格子とした。また、対象とした河川は、鉄道との交差部を有し2019年に河川氾濫による浸水被害が発生したA川流域（図2）である。



図2 対象流域の概要

氾濫・浸水解析においては、流域解析のパラメータや、田畑への貯留の有無、河川断面の精微さが、河川水位や浸水範囲・深さの再現結果に影響する。そこで、流域解析のパラメータとしては、既往の文献値の値、氾濫が発生しなかった増水データにフィッティングして求めた値、氾濫した増水データにフィッティングして求めた値の3パターンで求めた値を用いた。また、降雨や氾濫水の田畑への貯留機能を表す遊水池要素を設定するか否かの2パターンで解析した。さらに、河川断面については、5mメッシュDEMによる簡易な断面と測量による詳細な断面の2パターンを使用した。これらの条件を組合せ、異なる3つの解析モデルを作成した（表1）。

氾濫・浸水解析においては、流域解析のパラメータや、田畑への貯留の有無、河川断面の精微さが、河川水位や浸水範囲・深さの再現結果に影響する。そこで、流域解析のパラメータとしては、既往の文献値の値、氾濫が発生しなかった増水データにフィッティングして求めた値、氾濫した増水データにフィッティングして求めた値の3パターンで求めた値を用いた。また、降雨や氾濫水の田畑への貯留機能を表す遊水池要素を設定するか否かの2パターンで解析した。さらに、河川断面については、5mメッシュDEMによる簡易な断面と測量による詳細な断面の2パターンを使用した。これらの条件を組合せ、異なる3つの解析モデルを作成した（表1）。

3. 解析に用いた降雨条件

図2中の水位観測点における1996年以降の水位データから、ある一定の値を超える水位を抽出した（図3）。抽出にあたっては、流量と相関性があるとされている水位の二乗値の年最大値を抽出してガンベルプロットにて年単位の再現期間を算出し、再現期間5年未満を小規模（10事例）、10年程度を中規模（3事例）、20年以上を大規模（2事例）と分類して計15事例を抽出した。抽出した各水位発生時に作用した一連の降雨における最大時間雨量と最大24時間雨量を示したものが図3である。ここで示した各雨量は、解析雨量データから算出されるA

表1 ケース毎の解析モデルの概要

ケース名	遊水地設定	流域解析パラメータ	河川断面
ケースA	無	文献値	簡易
ケースB		簡易フィッティング (通常水位)	
ケースC	有	詳細フィッティング (氾濫水位)	詳細

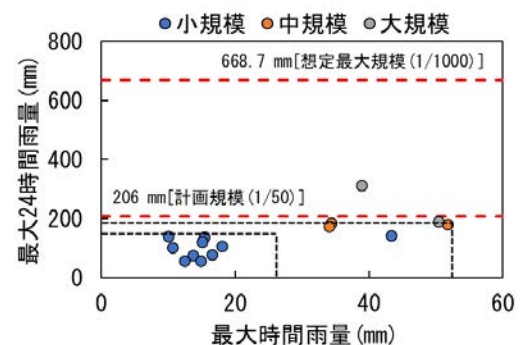


図3 各降雨の最大時間雨量と最大24時間雨量の分布

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

川流域の平均値からそれぞれ算出した。なお、対象流域の自治体が公表している浸水想定区域の想定最大規模（再現期間 1,000 年以上）の最大 24 時間降雨量は 668.7mm，計画規模（再現期間 50 年）では 206mm である。

4. ケース毎の解析精度の比較

(1) 水位の経時変化

解析結果の例として、大規模と分類された降雨時の水位観測点における水位の経時変化をケース別に図 4 に示す。同図よりケース C が最も実測水位の再現精度が高いことが分かった。また、ケース B とケース C には大きな乖離は認められないが、ケース B の方が水位のピークがやや早くかつ大きめになるとともに、水位下降時の水位をやや過小に予測している。これは、ケース B では浸水・氾濫を伴わない降雨条件により流域解析パラメータを設定していることに加え、遊水地要素を設定していないことから、降雨が田畑に貯留されず河川に直接流出するためと考えられる。一方、ケース A は観測水位との乖離が著しく、水位を過大にかつピーク水位の時刻を早めに算出する傾向が認められた。これは、既往の文献値の流域解析パラメータでは浸透効果が小さくなり、結果として表層土に浸透する水量が少なく河川に流出するためと推察される。これに加えてケース B と同様、遊水地要素が設定されていないことも水位が過大に算出される要因と考えられる。

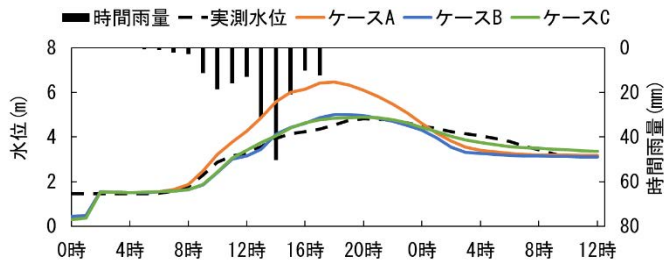


図 4 水位の経時変化

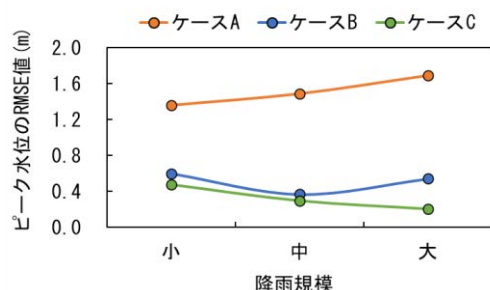


図 5 降雨規模毎のピーク水位の RMSE

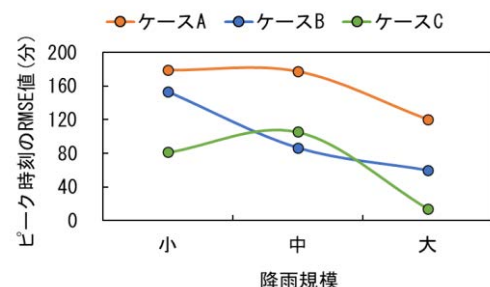


図 6 降雨規模毎のピーク時刻の RMSE

(2) 実測値と解析値の平均平方二乗誤差

各ケースの精度を比較するために、実測値と解析値のそれぞれのピーク水位およびピーク時刻の平均平方二乗誤差 (RMSE) を降雨規模ごとに算出した (図 5, 図 6)。両図より、水位、時刻ともに全体としてケース A, B, C の順に RMSE 値が小さくなった。ケース B, C には顕著な差は見られず、ケース A はケース B, C に比べ RMSE 値が比較的大きくなった。なお、解析誤差は降雨規模によらず、水位を実測より過大に評価する傾向が認められる。

大規模と分類された降雨時における各ケースの観測水位ピークにおける水位差と時刻差を表 2 に示す。同表より、ケース A では水位差 170cm，時刻差 120 分であったが、ケース C では水位差 20cm，時刻差 14 分となっている。ケース C は、豪雨時の実測水位を用いて 3 層モデルのパラメータをフィッティングしたことから、豪雨時の解析に最適化したモデルとなり、最も誤差が小さくなったと考えられる。また、ケース B とケース C の結果に顕著な差が見られないことから、河川断面の精微さが解析精度に与える影響は小さく、氾濫を伴わない水位記録からパラメータを設定した場合でも、ある程度の予測精度を満足すると考えられる。一方、ケース A は誤差が顕著であることから、流出モデル等の解析パラメータの調整と遊水地要素の有無が再現精度の向上に不可欠であることが分かる。

表 2 豪雨事例における精度比較

ケース名	大規模降雨 2 事例の再現解析における水位ピーク時の RMSE	
	水位差 (cm)	時刻差 (分)
ケース A	170	120
ケース B	54	60
ケース C	20	14

5. まとめ

本稿では、氾濫・浸水解析の精度向上を目的として、解析パラメータ等が異なる解析モデルを複数作成し、過去に河川の氾濫が生じた降雨を含む複数の降雨事例を対象として再現解析を実施した。その結果、流出モデル等の解析パラメータの再現性と遊水地の有無が解析精度に大きな影響を与えることが確認された。

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,水工学論文集,vol.48,pp.7-12,2004
- 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,土木学会第 75 回年次学術講演会, Vol.75,No.2-134,2020