

流域流出・都市域氾濫解析モデルの遠賀川流域への適用

九州工業大学大学院 フェロー会員 秋山壽一郎 九州工業大学大学院 正会員 重枝未玲
九州工業大学工学部 学生会員 池田知央 九州工業大学大学院 学生会員 小園裕司

1. はじめに

近年,集中豪雨による洪水氾濫が頻発している.水災時の被害最小化対策を講じる際には,十分な精度で氾濫流の挙動を事前に予測することが不可欠である.本研究では,流域と都市域の特性を踏まえ,任意の降雨外力から都市域の浸水プロセスが予知可能な「流域流出・都市域氾濫解析モデル」を開発するとともに,2003年7月19日の九州豪雨災害に対する本モデルの再現性の検証と,仮想外力に対する浸水プロセスについて検討を行った.

2. モデルの概要

本モデルの概要を図-1に示す.本モデルは,任意の降雨外力から流域での雨水の挙動を把握した上で,精度の高い洪水追跡を介して,都市域での詳細な浸水プロセスを予知するものであり,その概要は次の通りである.流域を小流域,河道および都市域に分割する.「セル分布型流出解析モデル」により,小流域と都市域に含まれる斜面部の雨水の挙動解析と河川への流出計算を行う.河川への流出を考慮して,「平面二次元洪水追跡モデル」により,本川の洪水追跡を行う.分布型流出解析から得られた斜面部からの流出流量を氾濫原への流入条件,洪水追跡から得られた本川外水位を支川の下流端境界条件として,「都市域氾濫解析モデル」¹⁾により,支川の洪水流,氾濫原の氾濫流および下水道流を一体的に解析する.

3. 飯塚市街地を対象とした内水氾濫解析

(1) 流域流出・都市域氾濫解析データの作成

分布型流出解析データの作成には,標高,土地利用,雨量データが必要である.それらを国土地理院の数値地図250mメッシュを基にしたセルに与えた.標高データには,国土地理院の数値地図250mメッシュ(標高)を用いた.これをGISによる標高解析²⁾により窪地処理を行い,落水方向を求めた.土地利用データには,国土数値情報L03-09M(H9年)を基に,森林,荒野,田,農地,都市,水域に分割し用いた.雨量データには,雨量観測所の実績データを用い,テーゼン法に基づいたものを用いた.平面二次元洪水追跡データの作成には,河道の堤防・低水路線形・河床高・粗度係数が必要である.堤防・低水路線形は,各距離標の横断面図からそれぞれに対応する点を距離標間で接続することで作成し,河床高はそれぞれの平面座標とその座標に対応する河床高とで三角ポリゴンを作成し設定した.粗度係数は,河道計画で用いられた平均値0.035を与え,計算格子には三角形の非構造格子を用いた.

都市域氾濫解析の対象領域は,都市域を含む小流域群とし,明星寺川,建花寺川および大日寺川の3つの支川を考慮した.この小流域群に対して国土地理院の数値地図50mメッシュ(標高)を用いて落水方向を求め,図-1に示すように,斜面部と氾濫原とを分離した.斜面部と氾濫原では,それぞれ,分布型流出解析と都市域氾濫解析を行う.都市域氾濫解析データの作成は,参考文献^{1),3)}と同様であるが,市街地構造データの解像度を高くしたことで,地表面から下水道への排水先の計算セルを,排水区内の落水線から小排水区を設定し,小排水区ごとに排水先となる幹線区間を定め,小排水区内では最短距離にある各幹線の計算セルにしたことが異なっている.斜面部での分布型流出解析の解析データは,数値地図50mメッシュ(標高)を用いた以外は,流域での流出解析と同様である.なお,都市域の流出係数には合理式の一般市街地での値 $f=0.8$ を用いた.

(2) 解析条件

7・19豪雨災害の再現計算では,解析開始時刻を7月18日PM0時,都市域氾濫解析を7月19日AM1時とした.本川の洪水追跡では,河道上流端には分布型流出解析から得られた流量を,下流端には河口堰での水位を与えた.都市域氾濫解析では,建花寺川下流端には洪水追跡によって得られた水位ハイドログラフを,明星寺川,建花寺川および大日寺川上流端には分布型流出解析より求めた流量ハイドログラフを与えた.明星寺川下流端の徳前排水機場については,ポンプ場操業記録に基づき単位面積当たりの排水流量を与え,排水させた.また,西部排水区の雨水下水道網下流端の片島排水機場については,下水道網には排水流量を与え,その流量から単位面積当たりの流量を求めた.一方,浸水プロセスの検討では仮想外力として,7・19豪雨災害時の実測降雨のピーク雨量,総降雨量および降雨継続時間が等し

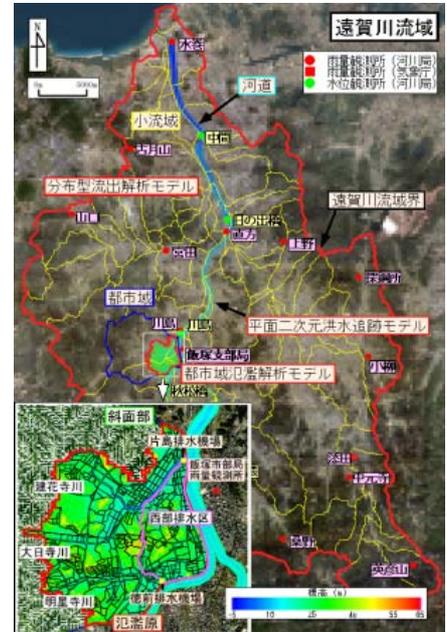


図-1 流域流出・都市域氾濫解析モデル概要図

く、降雨分布を前方、後方集中型とした降雨波形を与えた。その他の条件は再現計算と同様である。

(3) 再現結果と考察

図-2は、川島水位観測所の水位ハイドログラフと水位流量曲線に基づく流量ハイドログラフについて、実績と解析結果との比較を行ったものである。若干のずれは認められるものの、解析結果は実測値を十分再現している。図-3、図-4は最大湛水深と湛水域の解析結果を調査結果と比較したものであり、調査結果をほぼ再現していることが確認できる。

図-5は、それぞれ本解析で得られた浸水プロセスと雨水下水道の水位・ピエゾ水頭の縦断変化を示したものである。調査結果によれば、B地点周辺の商店街では7月19日AM4:00より浸水が始まり、路面から水が噴出しはじめ30分後には明星寺川からの氾濫水と考えられる濁水が流入し、AM7:00に最大湛水深となったと報告されている⁴⁾。解析結果は、明星寺川の流量が徳前排水機場排 Δ の排水能力を超えるAM2:30には地点Aから溢水が始まり、下水道で排水される計画となっているために地点A付近に湛水する。雨量が50mmを超えるAM4:00~AM4:10に下水道の排水不良による内水氾濫が生じ、明星寺川からの氾濫水も市街地Bへ流入し場所によってはばらつきはあるもののAM7:00頃に最大湛水深になる。以上のように、本モデルは7・19豪雨災害時の実績降雨から遠賀川の流量と水位、飯塚市では本川外水位を考慮して、支川の氾濫と内水氾濫による浸水プロセスを再現できることが確認とれた。

4. 浸水プロセスの予知

図-6は、飯塚雨量観測所における仮想降雨ハイトグラフ(前方)と、これらの降雨より得られた支川の境界条件を示したものである。なお、後方集中型の流量ハイドログラフは、ピーク値が大きく先鋭的となった。図-7は、本解析で得られた浸水プロセスと西部幹線の水位・ピエゾ水頭の縦断変化を示したものである。シミュレーションから得られた浸水プロセスは、7・19豪雨災害と基本的に同様であった。すなわち、いずれの降雨波形に対しても、降雨強度が40mm以上になるとc地点付近から内水氾濫が、50mm以上になると明星寺川のA地点付近で溢水氾濫が、70mm以上になると大日寺・建花寺川の合流部D点からの溢水氾濫が発生する。また、下水道網で圧力流れが生じ排水不良となる箇所も7・19豪雨災害と同様であった。以上の結果から、遠賀川流域と飯塚市街地は、降雨のピーク雨量、総降雨量および降雨継続時間が同一の条件下では、降雨波形が変化しても支川の溢水氾濫が発生する箇所や下水道網が排水不良となる箇所は基本的に変化しない流域と都市域特性であり、また降雨波形に対しては、飯塚市街地は前方集中型の降雨波形に対して水災リスクの高い都市域特性であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、遠賀川流域の飯塚市を対象として「流域流出・都市域氾濫解析モデル」を開発し、同モデルの検証と仮想外力に対する浸水プロセスについて検討を行った。その結果、実績洪水氾濫を十分な精度で再現でき、飯塚市街地では、前方集中型の降雨波形に対して水災リスクの高い都市域特性であることが確認とれた。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金基盤研究B(課題番号：21360237, 研究代表者：秋山壽一郎)、若手研究B(課題番号：19760344, 研究代表者：重枝未玲)の助成を受けた。ここに感謝の意を表します。

参考文献：1) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 田邊武司: 水工学論文集, 第53巻, pp.829-834, 2009. 2) オープン GIS: TNT 入門日本語テキスト 3) 秋山壽一郎, 重枝未玲, 田邊武司: 河川技術論文集, 第14巻, pp.235-240, 2008. 4) 横田尚俊: 2003年7月九州豪雨災害に関する調査研究, pp.115-125

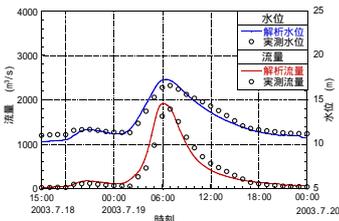


図-2 実績水位と流量の比較

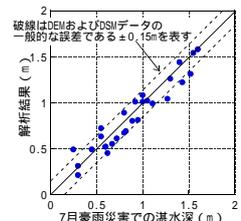


図-3 最大湛水深の比較



図-4 最大湛水域の比較

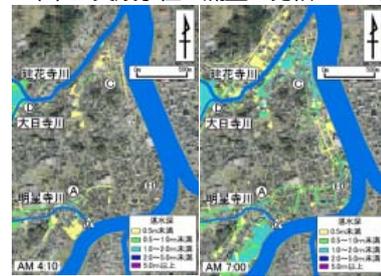


図-5 浸水プロセスと西部幹線の水位・ピエゾ水頭の経時変化

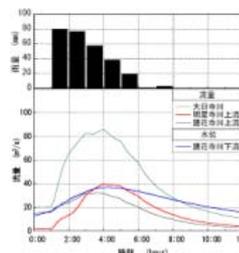


図-6 仮想降雨ハイトグラフと境界条件

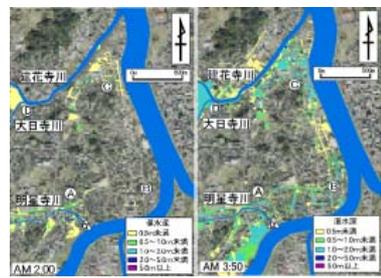


図-7 仮想降雨(前方波形)による浸水プロセスと西部幹線の水位・ピエゾ水頭の経時変化