

都市域の氾濫解析システムの構築に関する研究

中部大学	○岩間昭憲	中部大学	学生員	大坪郁宜
中部大学	杉山臣輔	中部大学	正会員	武田 誠
		中部大学	フェロー	松尾直規

1. はじめに

近年、激しい豪雨による都市型水害が増加している。2000 年 9 月に発生した東海豪雨でも多くの被害を受けた。従来の河川や下水道の整備状況では、豪雨の被害を完全に防止するのは困難である。被害を最小限に抑えるためには、従来のハード的な対策に加えて、即時対応できるソフト的な対策が求められている。その一環として、ハザードマップの作成が急務となっており、本研究ではその前提となる氾濫解析を効率的に行えるシステムについて GIS を用いて検討している¹⁾。システムの構成を図 1 に示すが、河川のデータ構築の手法及びその解析、またシステムの検証にまでは至っていなかった。

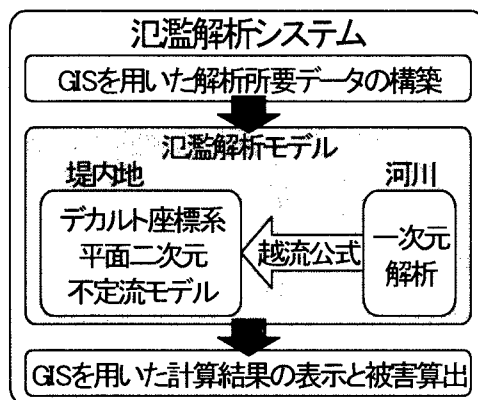


図1 氾濫解析システムの構成

そこで、本報ではこれらシステムに残されていた課題を解決するために、河川のデータ整備を行うとともに、東海豪雨で被害のあった天白川に注目し、実際の被害状況と計算で求めた氾濫の状態を比較することで氾濫解析システムの妥当性を検討する。

2. 解析手法

氾濫解析モデルには、図1に示したようにデカルト（直交）座標系による平面二次元不定流モデルを用いる。基礎式は浅水方程式であるが、詳細は省略する。本研究では、氾濫解析の境界条件である外水氾濫による流入量を精度良く求めるため、対象河川を以下に示す一次元解析法で解く。

連続式

運動方程式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_b \quad (1) \quad \frac{\beta}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\alpha u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} - \sin \theta + \frac{\tau_b}{\rho g R} = 0 \quad (2) \quad \tau_b = \frac{\rho g n^2 u |u|}{R^{1/3}} \quad (3)$$

A ：流水断面積、 Q ：流量、 t ：時間、 x ：流下方向にとった座標、 q_b ：流下方向単位長さあたりの横流入量、 u ：断面平均流速（ $=Q/A$ ）、 h ：水深、 g ：重力加速度、 θ ：水路底勾配、 τ_b ：潤辺内の平均せん断力、 ρ ：密度、 R ：径深、 n ：マンニングの粗度係数、 α ：エネルギー補正係数、 β ：運動量補正係数、 λ ：圧力分布補正係数である。ただし、本研究では運動方程式における未知量を流量とするために、運動方程式に連続式を代入して得られる以下の式を用いた。ここで、 α 、 β 、 λ は1とした。

$$\frac{1}{g} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{g} \frac{\partial u Q}{\partial x} + \lambda A \cos \theta \frac{\partial h}{\partial x} - A \sin \theta + \frac{A \tau_b}{\rho g R} - \frac{u}{g} q_b = 0 \quad (4)$$

河川と堤内地との接合方法に関しては、今回は越水を対象としているため、その流量は以下に示す越流公式に従って算出する。

完全越流($h_2/h_1 \leq 2/3$)のとき： $q = \mu h_1 \sqrt{2gh_1}$

潜り越流($h_2/h_1 > 2/3$)のとき： $q = \mu' h_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2)}$

q : 単位長さあたりの越流流量、 h_1 : 堤防天端高を基準とした越流上流側水位、 h_2 : 同じく越流下流側水位、 μ : 完全越流時の流量係数 ($=0.35$)、 μ' : 潜り越流時の流量係数 ($=0.91$)、 g : 重力加速度である。

3. 計算条件（天白川越水の再現）

検討対象としたのは、2000 年 9 月の東海豪雨時に天白川河口から 6.2km 右岸において発生した越水による南区笠寺排水区の浸水であり、その再現を目的として、以下のように計算条件を設定した。河川対象区間は上下流端境界条件として水位を与えるため、水位観測地点を境界とした天白川 0.0km～7.4km 区間とした。上下流端水位の時間変化を図 2 に示す。河道横断面図 2)は、ディジタイザーで数値化し、10cm 間隔の水位と断面積、径深の関係データを作成する。計算断面は約 200m 間隔で計 40 断面を使用した。マンニングの粗度係数は全断面において 0.02 を用いている。なお、上下流端を除く水位と流速の初期値に関しては、24 時間の予備計算を行った結果を用いる。再現計算の期間は 9 月 11 日 8 時から 13 日 1 時までの 41 時間である。氾濫原データに関しては名古屋市細密数値情報修正データ²⁾の 10m メッシュ標高値を用いた。

4. 解析結果および考察

図 3 に示す河川解析の結果では、2.6km、2.7km、3.6km、6.2km、7.2km、7.4km の各地点で越水が発生している。しかし、東海豪雨時の天白川では 6.0km、6.2km 地点でしか越水は確認されていない。本研究では解析に 200m 間隔の横断面データを用いているが、そのすべてに対して実測値が整備されている訳ではなく、したがって、数カ所の断面は補間して求めている。この差が解析結果と実測との差として現れたものと考えられる。また、最大水位の実測値がないため詳細な検証はできないが、今後は支川の分合流の考慮や数値解析的検討も必要であろう。

氾濫解析では、実際に越水が生じた 6.2 km 地点のみの越水流量を堤内地への流入条件として用いた。対象領域の浸水深の分布を図 4 に示す。本図から、得られた浸水域は実際よりも小さく、最大浸水深も 58cm 程度（実際は約 2.8m）となった。これは、河川水位に関する現実との不一致に伴う越水量の過少評価に加え、解析には外水だけを取り扱っており、内水を考慮していないためであると考えられる。

5. おわりに

河川のデータ整備から洪水流解析・氾濫解析までの一連のシステム化および氾濫解析の妥当性の検証を目的に研究を進めた。本研究により氾濫解析システムの骨組みは構築できたものと考えているが、河川のデータ収集等の作業において効率的とは言えず、解析を行う中で多くの検討課題も提示された。今後は対象領域の内水氾濫を考慮し、氾濫解析の検証を十分に行うとともに、即時対応出来るシステムの構築を目指す予定である。

参考文献

- 1) 櫻井耕史、山下大和、大坪郁宜、武田誠、松尾直規：GIS を用いた氾濫解析のシステム化に関する研究、土木学会中部支部研究発表講演概要集 pp197-198、2000.3.
- 2) 名古屋市：雨に強い町づくり推進のための 流域調査委託報告書 1990.3.
- 3) 愛知県名古屋土木事務所：H12.9.12 災害 名古屋市周辺浸水状況図

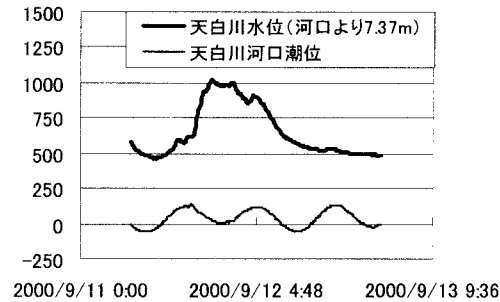


図 2 東海豪雨時の上下流端の水位、潮位

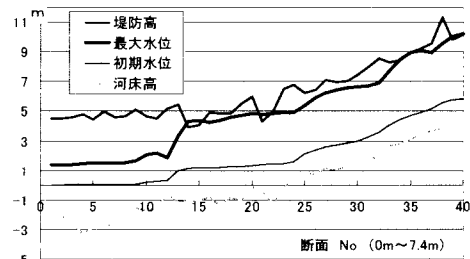


図 3 水位縦断分布図



図 4 浸水深の計算結果
(計算期間内の最大値)