

城原川野越・霞堤周辺堤内地における洪水氾濫解析

佐賀大学大学院 工学系研究科 学生員 中島 大斗
佐賀大学大学院 工学系研究科 正会員 大串 浩一郎

1. 研究背景・目的

近年の異常気象等による想定外の洪水や浸水に対応するために、「流域治水」という概念が見直されている。2000年の河川審議会中間答申で流域治水の在り方について報告がなされ¹⁾、その具体的活用方策が検討されつつある。

佐賀平野に位置する城原川では、野越（のこし）と呼ばれる越流堤や霞堤といった流域治水の考え方が現存している河川である。しかし、現在の城原川の野越・霞堤および周辺の堤内地は、土地利用の変遷に伴い、かつて遊水地であったとされる地域に住居が建設されるなど、流域治水のシステムが崩れつつある。このことから、城原川の現状を把握することは、流域治水を現在の土地利用状況と共存させる上で非常に重要なことであると言える。

そこで、城原川の野越・霞堤から越流した洪水流の堤内地での挙動について数値解析を行い、城原川における流域治水の現状を考察することを目的として研究を行った。

2. 城原川

城原川の平面図を図-1に示す。脊振山を源とする城原川は一級河川筑後川水系の支川である。流域面積64.4km²、幹線流路延長31.9km、流域内人口約1万人（2000年現在）である。2006年の筑後川河川整備計画によると、日出来橋地点で河道内の整備目標流量は330m³/sとなっている。



図-1 城原川平面図および野越・霞堤区間拡大

3. 城原川の野越・霞堤

3.1 野越・霞堤

霞堤は急流河川において比較的多用される不連続堤であり、背後地の内水排水、上流部の破堤などによる氾濫流を河道に戻す排水、洪水流の導水、洪水の一部を一時的に貯留するなどの機能がある。堤内地の水位が締切堤の天端高より高くなると、水の動きは本川の流体（洪水）と一体となった挙動をするようになる²⁾。

野越は、いわゆる越流堤であり、堤防の一部を低くし

て洪水流を洪水調節池、遊水地へ積極的に導くための堤防である。

3.2 城原川における流域治水

城原川の野越・霞堤・無堤地帯が存在する区間の平面図を図-1に示す。城原川には、野越・霞堤の他に、堤防が無く洪水流が直接遊水地に流れ込む無堤地帯がある。野越・霞堤・無堤地帯を組み合わせることで洪水流の勢いを分散させ、水田や住居が広がる下流部デルタ地帯での予期せぬ溢水を防いでいた。これらは江戸時代に成富兵庫茂安によって整備されたものである。

3.3 災害助成事業・圃場整備

城原川では、1949年、1953年の水害（それぞれ、24水、28水と呼ばれる）を機に災害助成事業が行われた。災害助成事業前後における河道および堤内地の変遷を写真-1に示す。川幅を3倍に拡幅し、その際に野越・霞堤の位置や形状が変化し、受堤が撤去された。また、土地開発事業や圃場整備等によって、受堤が撤去され、さらに洪水流が流れ込む地域に住居が建設されている。そのため、城原川の野越・霞堤は遊水地を伴わない越流堤として現存している。



写真-1 災害助成事業前後の河道および堤内地の変遷
左：事業前（1948年撮影）
右：事業後（2006年撮影）

4. 解析方法

4.1 1次元流れ解析

野越・霞堤からの越流量を算出するために、城原川本川の流れと野越・霞堤から越流する流れを1次元開水路網を用いて再現した。1次元流れ解析における基礎式を以下に示す。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(uQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} - I_0 \right) + gAI_f = 0 \quad (2)$$

ここに、 Q ：流量、 A ：流下面積、 g ：重力加速度、 x ：流れ方向の距離、 t ：時間、 I_0 ：底面勾配、 I_f ：摩擦勾配である。

霞堤、野越、無堤地帯からの越流は、遊水地を河川とみなして本川の開水路網として接続することにより再現した。本川から遊水地への越流を考慮するため、堤防の位置で本間の式を与えた。これらの計算は越流のみを考慮した近似的な計算を行っている。

解析対象期間は2010年7月11~14日の降雨の期間とした。この期間の降雨で日出来橋地点において最大流量318.11m³/s, 最大水深4.51m(既往2位)を記録した。また, 上流4ヶ所の霞堤からの越流も確認されている。

さらに, 対象期間の実測値よりも大きな洪水を想定するため, 擬似洪水を用いて得られた越流量を2次元解析における境界条件とした。

境界条件は, 上流端は仁比山観測所の位置に実測流量, 下流端は柴尾橋観測所の位置に実測水位を与えた。

マンギングの粗度係数は, 低水路に0.028, 高水敷に0.035を与えた。

4.2 2次元流れ解析

1次元流れ解析で得られた流量を境界条件として, 2次元流れ解析を行った。2次元解析における基礎式を以下に示す。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}u}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}v}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \bar{h}u}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}u^2}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}uv}{\partial y} = -gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \bar{h}v}{\partial t} + \frac{\partial \bar{h}uv}{\partial x} + \frac{\partial \bar{h}v^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} \quad (5)$$

ここに, h : 水深, t : 時間, g : 重力加速度, ρ_0 : 密度, $\bar{h}u$, $\bar{h}v$: 流量フラックス, η : 水位, n : 粗度係数, τ_{bx} , τ_{by} : 底面せん断応力である。

2次元流れ解析は, 三角形の非構造格子を用いて解析を行った。LP (レーザープロファイラ) データを格子内で補間することで, 地形は詳細に再現された。

2次元流れ解析における解析対象地域は図-1における1番霞堤の周辺の堤内地とする。1番霞堤周辺堤内地を写真-2に示す。

境界条件は, 1番霞堤と, 2番霞堤の位置から1次元流れ解析により算出された越流量をそれぞれ与えた。



写真-2 解析対象地域

5. 解析結果と考察

5.1 1次元解析

1次元解析における日出来橋地点での実測値と解析結果の水位比較を図-2に示す。解析結果と実測値が概ね一致している。実測値を与えた場合でも越流が見られたが, 越流量が微小なため, 洪水の挙動を見るまでには至らなかった。

次に, 擬似洪水を与えた場合の各地点における越流量を図-3に示す。本研究では, 1.5倍の擬似洪水を与えた場合の1番霞堤と2番霞堤からの越流量を境界条件として2次元解析を行った。

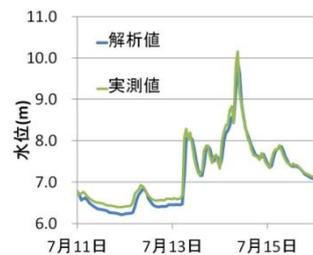


図-2 水位比較 (日出来橋地点)

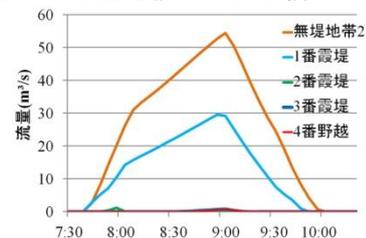


図-3 各地点の越流量 (擬似洪水 1.5 倍)

5.2 2次元解析

1番霞堤から越流した洪水流の挙動の一例を図-4に示す。洪水流は南下するが, これはこの地帯が扇状地帯であるということが理由として挙げられる。南下した洪水流は南側の道路で一時せき止められる。これは道路の標高が高いためであり, 道路の周辺では水深最大約1.0mの貯留が生じた。道路を嵩上げすることは, 洪水の制御や誘導に効果的な機能を有することができると思われる。

南下した洪水流は住宅地へ流れ込む。霞堤から越流させることにより, かつて浸水被害を助長しているように見受けられる。これは, 3.3で前述したように遊水地であった地域に住居などが建設されたために, 浸水被害が増加していると考えられる。高橋²⁾は, 霞堤は一種の安全弁であり, 確たる代替なしに軽々に閉じてはならないと述べており, その安全弁の付近に住宅が設置されているのが城原川の現状である。1.5倍の擬似洪水(最大流量477.17m³/s)は確率年50年の降雨(最大流量540m³/s)の場合よりも遥かに低く, 早急に対策を行うべきである。

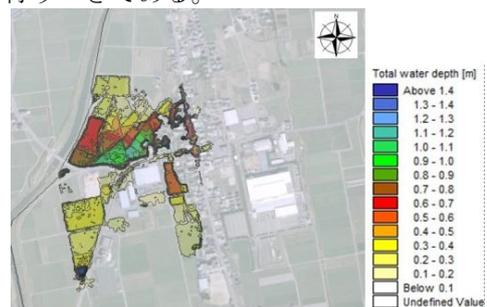


図-4 洪水流の挙動 (越流開始 90 分後)

6. 結論

城原川流域では, かつて遊水地であった地域に住宅地などが建設された。そのため, 確率年50年よりも小さい規模の降雨でも霞堤から越流した洪水流が住宅地へ流れ込み, 浸水被害を助長する恐れがあるということが分かった。

参考文献

- 1) 矢崎剛吉: 河川審議会答申「流域での対応を含む効果的な治水の在り方について」について, 建設マネジメント技術, pp.26-30, 3月号, 2001.
- 2) 高橋裕: 新版 河川工学 pp.207 2008.