

鳴瀬川水系多田川における可能最大洪水の算定

富山県立大学 学生会員 千村 紘徳
富山県立大学 正会員 呉 修一

1. はじめに

近年全国各地で豪雨災害が頻発し、多数の犠牲者が出ている。我が国では河川整備などの治水対策は進んでいるが、想定外の災害が起こることで死亡する人は少なくない。ハザードマップの見直しや住民認知度、住民の防災意識に関わる研究はこれまでされてきた。牛山ら¹⁾は、豪雨災害による被害は、あらゆる場所で一様に生じているのではなく、発生しやすい場所で集中的に発生していることを明らかにした。大本ら²⁾によると、災害外力が大きくなるにつれ自助・共助の比率が大きくなり、公助の比率が小さくなることが明らかとなった。諸岡ら³⁾によると、防災に関する用語の認知度等の日頃の被害に対する防災意識の低さが避難の遅れとなったことが推察された。平成27年9月関東・東北豪雨では、関東地方から東北地方にかけて河川の氾濫や浸水など多くの被害が発生し、情報伝達方法や住民の防災意識に関する問題、不十分な水防団の活動などにより、住民の避難が遅れ、多くの犠牲者が出る等、多くの課題が明らかとなった。今後は計画を超過する大規模洪水氾濫をも対象とした防災上の取り組みが重要となる。そこで本研究では、洪水氾濫モデルを適用することで、可能最大洪水を評価し、最悪の洪水ではどのような事態が発生するかを明らかにすることを目的とする。

2. 対象地域

本研究では、平成27年9月関東・東北豪雨時に渋井川の堤防決壊により浸水被害が生じた宮城県大崎市古川地区を対象とする。古川地区は、-1に示すように鳴瀬川・多田川・渋井川に囲まれている。この豪雨では、約2100haにわたり浸水被害が生じた。

3. 研究手法

大崎市古川地区を対象にし、洪水氾濫モデルを用いて複数シナリオの洪水を計算し、各シナリオの被害状況を整理する。本研究では、多田川の堤防を決壊させ、複数シナリオの洪水を計算した。

降雨流出モデルは呉ら⁴⁾の土壌・地形特性に基づく

降雨流出計算手法を適用し、河道部の洪水追跡には1次元不定流計算を用いる。また、洪水氾濫計算はMIKE FLOOD (DHI)を使用し、2次元不定流計算を行う。2次元不定流計算は式(1)-(3)を用いる。可能最大洪水流量は、椿ら⁵⁾にならぬ、角屋・永井⁶⁾の最大洪水比流量包絡式(4)を用いて算定する。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 - h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{c^2 - h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] = 0 \quad (3)$$

ここに、 τ : 底面せん断応力(Pa), p : x 方向流量フラックス(m^3/s), q : 方向流量フラックス(m^3/s), C : 粗度係数, ρ_w : 水の密度(kg/m^3), ζ : 水位(m), h : 水深(m), g : 重力加速度(m/s^2)である。

$$q = KA^{-0.06} \exp(-0.04A^{0.45}) \quad (4)$$

ここに、 q : 洪水比流量[$\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$], A : 流域面積[km^2], K : 地域係数(東北地方における地域係数は26.0)である。

今回は可能最大洪水流量を算定し、可能最大流体力を算定するため、7 caseの堤防決壊シナリオを用意し、各シナリオの最大値を各計算グリッドで抽出した。堤防決壊位置・破堤速度をシナリオごとに変化させた。堤防決壊シナリオ全7 caseを表-1に示す。破堤箇所は、渋井川との合流部より下流側に約800m間隔で①・②・③・④、破堤速度は、決壊中心部より3m間隔で左右対称に決壊する速さとした。

表-1

シナリオ	破堤箇所	破堤幅	破堤速度
Case 1	①	48m	50cm/10min, 45cm/10min, 40cm/10min
Case 2	①	48m	2 倍
Case 3	①	48m	3 倍
Case 4	①	48m	4 倍
Case 5	②	48m	4 倍
Case 6	③	48m	4 倍
Case 7	④	48m </td <td>4 倍</td>	4 倍

4. 計算結果

洪水氾濫結果として、図-1 に最大浸水深の空間分布、図-2 に可能最大流体力の空間分布を示す。越村・萱場⁷⁾によると、水深が 4m を越えると家屋破壊率が 40%以上に達する。また、家屋壁面に作用する抗力が 20kN/m に達すると大破する。図-1 を見ると、浸水深は深いところでは 5m 近くあり、事前の避難が必要であると考えられる。また図-2 を見ると、可能最大洪水が生じた場合でも、可能最大流体力はほとんどの場所で 20kN/m 未満の値を示し、家屋等の全壊の可能性は小さいと考えられる。

5. まとめ

今回は、鳴瀬川水系多田川の堤防を決壊させ、洪水氾濫計算を行った。今回対象とした古川地区のほとんどの場所で流体力は 20kN 未満の低い値を示し、家屋等の全壊の可能性は低いと考えられるが、水深が 4m を越える箇所があり、その地区に関しては事前の避難が必要であると考えられる。しかし、本研究で想定した洪水シナリオは 7 case で、可能最大洪水を算定するには不十分であると考えられる。今後は、破堤速度や決壊箇所を変更するなどさらに多くの洪水シナリオを考え、多田川以外の河川の堤防決壊も考える必要があると考えられる。

6. 参考文献

1)牛山素行, 横幕早季: 発生場所別に見た近年の豪雨災害による犠牲者の特徴, 災害情報, No.11,pp.81-89,2013
 2)大本照憲, 藤見俊夫, 小場隆太: 河川災害における住民の避難行動と災害外力の相関分析, 水工学論文集, Vol.52,pp.451-456,2008.

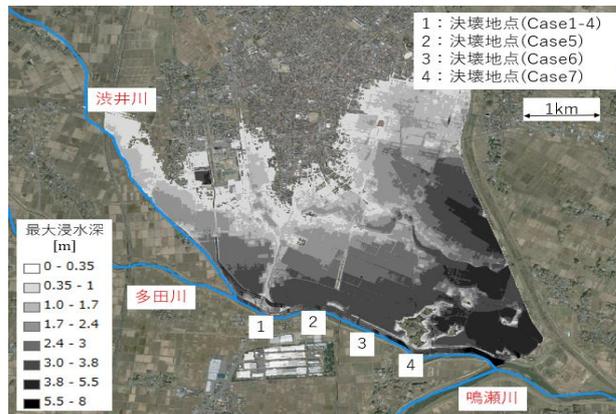


図-1 最大浸水深の空間分布

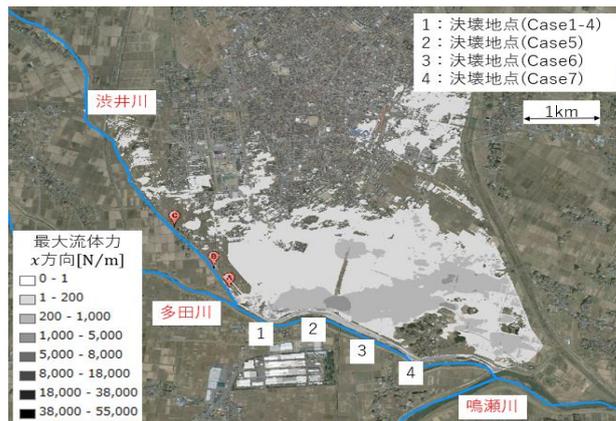


図-2 最大流体力の空間分布

3)諸岡良優, 郷津勝之, 寺井しおり, 布村明彦, 山田正: 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨災害時における住民の情報取得状況及び避難行動の実態調査, 河川技術論文集, Vol.22,pp.345-350,2016.
 4)呉 修一, 山田 正, 吉川秀夫: 表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究, 土木学会水工学論文集, Vol.49B-2,pp.169-174,2005.
 5)椿 涼太, 川原能久, 塚井誠人: 中山間地域における計画規模を越えた降雨による洪水氾濫被害特性, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.72,No.1,pp.11-25,2016.
 6)角屋 睦, 永井明博: 洪水比流量曲線へのアプローチ, 京都大学防災研究所年報, Vol.22B-2,pp.11,1979.
 7)越村俊一, 萱場真太郎: 1993 年北海道南西沖地震津波の家屋被害の再考—津波被害関数の構築に向けて—, 日本地震工学会論文集, Vol.10,No.3,pp88-98,2010.

7. 謝辞

本研究は、一般財団法人河川情報センターの平成 28 年度研究助成を受けて実施されました。末筆ながらここに記して謝意を表します。