

多数洪水シナリオを用いた最適な破堤間隔に関する数値計算

関西大学大学院社会安全研究科 学生会員 ○大野 哲平

関西大学社会安全学部 正会員 高橋 智幸

1. はじめに

2015年9月の関東・東北豪雨災害では、1級河川の鬼怒川が破堤し大きな被害が出た。このような洪水災害に対して、ハード面だけで被害を完全に防ぐことは不可能であり、ソフト面からの減災が重要である。そのための有効な手段として、洪水ハザードマップを通じて、洪水リスクを住民に周知することが挙げられる。しかし、現状の氾濫シミュレーションでは、破堤点の想定箇所は計画高水位を超過した場合に限定されており、洪水ハザードマップで示されている浸水想定区域が過小評価されている恐れがある。

そこで、本研究では氾濫モデルを開発し、その妥当性を検証するために2015年の鬼怒川洪水災害の再現計算を行った。そして、芥川下流域の高槻市市街地を対象とした多数シナリオによる氾濫シミュレーションを実施し、浸水想定区域図の過小評価を防止するための最適な破堤間隔に関する検討及び高槻市の浸水想定区域図との比較を行った。

2. 氾濫モデル

(1) 支配方程式と計算方法

本研究では、式(1)～(3)の2次元非線形長波理論を用いて氾濫シミュレーションを行った。

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2 M}{D^{7/3}} \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2 N}{D^{7/3}} \sqrt{M^2 + N^2} = 0 \quad (3)$$

ここで、 η は水位、 M 及び N は x 方向及び y 方向の流量フラックス、 D は全水深、 n はManningの粗度係数、 g は重力加速度である。計算方法は、後藤・小川(1982)を参考にスタッガード格子を用いたleap-frog法を使用し、移流項は1次精度の風上差分法により計算を行った。

(2) 鬼怒川洪水災害への適用

開発した氾濫モデルを検証するために、2015年9月の関東・東北豪雨災害による鬼怒川の洪水災害の再現計算を行った。図1は鬼怒川洪水災害の本研究の計算値と佐山ら(2015)の実測値の比較を示している。両者を比較すると、浸水域に関しては概ね精度良く再現できている。しかし、計算では排水を考慮しなかったため、水海道地区の最大浸水深が過大評価されている。以上の結果から、今後は排水モデルを検討する必要があるが、本研究で開発した氾濫モデルの妥当性を示すことができた。

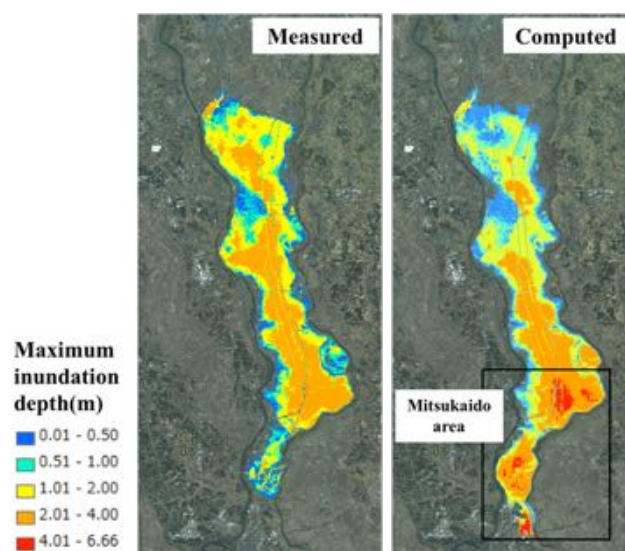


図1 鬼怒川洪水災害の実測値と計算値の比較

3. 高槻市芥川を対象とした氾濫シミュレーション

(1) 地形モデルと計算条件

計算領域の芥川下流域の高槻市市街地の地形モデルと破堤点及び出力地点を図2に示す。なお、地形モデルの作成には、国土交通省国土地理院が管理する航空レーザ測量データを使用した。次に、氾濫シミュレーションの各種計算条件を以下に記す。外力条件は1/200確率降雨(318.3mm/24hr)、計算時間は5時間、時間間隔は0.025秒、格子数は縦横2000メッシ

キーワード 氾濫シミュレーション, 多数シナリオ, 破堤間隔, 芥川

連絡先 〒569-1098 大阪府高槻市白梅町7-4 TEL: 072-684-4151 FAX: 072-684-4188

ユ, 格子間隔は 1.0m, 粗度係数は $0.025\text{m}^{-1/3}\text{s}$, 境界条件は自由透過, 遡上境界条件は小谷ら (1998) の方法, 移動限界水深は 0.01m とした. 破堤点及び破堤間隔は Case 1 (33 地点, 62m), Case 2 (17 地点, 124m), Case 3 (11 地点, 248m), Case 4 (9 地点, 372m), Case 5 (7 地点, 496m) の 5 ケースを設定した.

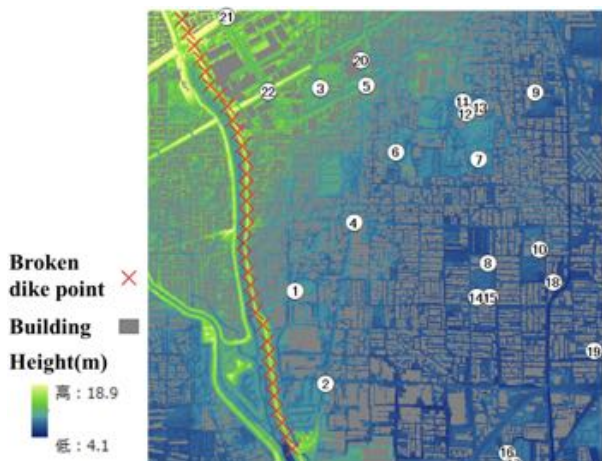


図2 計算領域の地形モデルと破堤点及び出力地点

(2) 最適な破堤間隔に関する検討

破堤間隔の違いによる地先の最大浸水深の変化を各出力地点で比較した. その結果, 図3より全出力地点で Case 1 と Case 2 の地先の最大浸水深は等しくなり, Case 2 より破堤間隔を短くしても結果が変わらないことがわかった. 以上のことから, 最適な破堤間隔が Case 2 の 124m であることが示された.

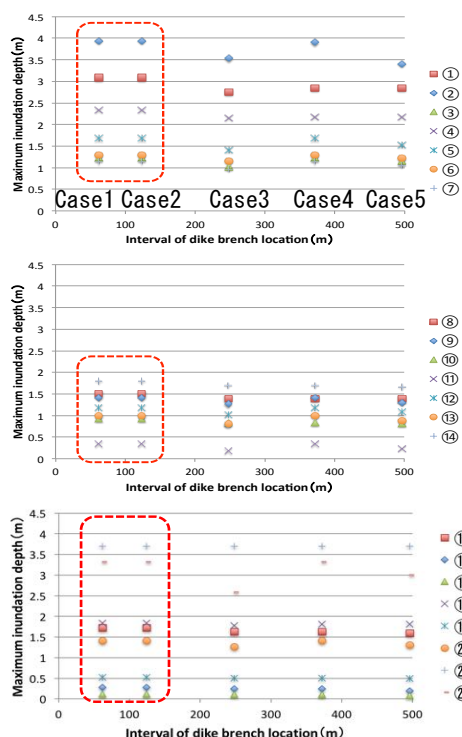


図3 全出力地点の破堤間隔と最大浸水深の関係

(3) 本計算結果と浸水想定区域図の比較

図4に Case 2 の場合の最大浸水深を, 図5に本計算領域の高槻市の浸水想定区域図を示す. 両者を比較すると, 計算領域北側の芥川河道から近い地先において, 図4で示す最大浸水深の方が大きくなっている. つまり, 現状の浸水想定区域図は最大浸水深を過小評価している地先があることが示された.

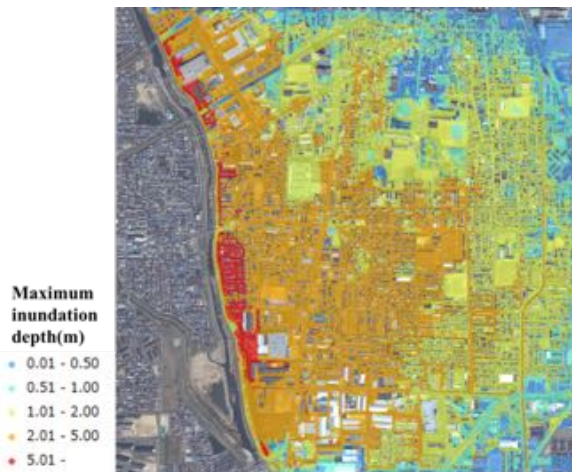


図4 Case 2 の最大浸水深

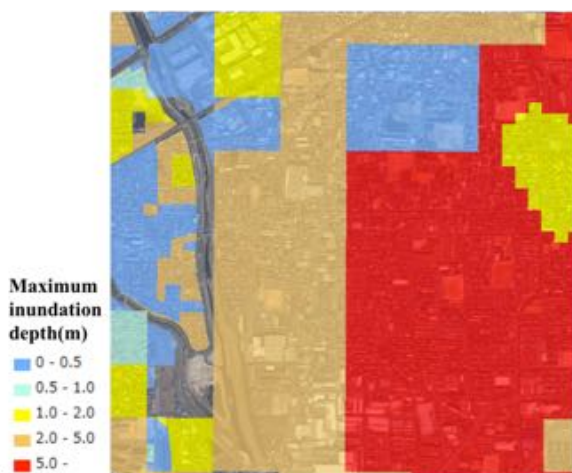


図5 高槻市の浸水想定区域図

4. まとめ

本研究で提案した方法を用いることで, 適切なシナリオ数に基づき, 現状の浸水想定区域図の過小評価の防止が可能であることを示した.

参考文献

- 1) 後藤智明・小川由伸, Leap-frog 法を用いた津波の数値計算法, 1982.
- 2) 佐山ら, 平成 27 年関東・東北水害鬼怒川氾濫による常総市周辺の浸水深分布調査 (第二報), 2015, <http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/6105/> (2016 年 1 月 25 日確認)
- 3) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫, GIS を利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 1998, Vol.45, pp.356-360.