

釜無川破堤に伴う氾濫流の流体力に関する研究
A Study on Fluid Force of Flooding Flow due to Breakage of Kamanashi River

山梨大学大学院 学生会員 ○内田 直希
山梨大学大学院 正会員 末次 忠司

1. 概要

近年、大河川での堤防整備の進行により全国的に大きな水害被害は減少傾向にあるが、堤防等の整備が行き届いていない河川では依然水害が発生している。また、短時間強雨発生回数の増加や日降雨量 200 mm以上の件数は増加傾向にあり、富士川水系の釜無川(大河川)でも計画高水位を超えた洪水に伴い、越水などにより堤防が破堤する危険性がある。本研究では釜無川の破堤に伴う氾濫流の流体力により、家屋倒壊の危険性を防災面から評価を行う。流体力による木造家屋の安定計算では、「洪水浸水想定区域図作成マニュアル」を参考に、倒壊、滑動、転倒に対する検討を行う。また、三隅川の1983年7月山陰豪雨の倒壊実績を参考にし、家屋倒壊の比較をする。

2. 氾濫解析対象地域

本研究では、甲府盆地を対象に、メッシュ分割(50m 四方)を行い、各メッシュに地盤高や粗度係数、透過率等を設定し、時間毎の氾濫水の流れ(水深・流速)を二次元不定流モデルによって算定する。基礎式として運動方程式および連続式に基づく式(2.1)-(2.4)を用いる。

・ x-方向の運動方程式

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uM + \frac{\partial}{\partial y} vM = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_{x(b)}}{\rho} \quad \dots (2.1)$$

・ y-方向の運動方程式

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} uN + \frac{\partial}{\partial y} vN = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_{y(b)}}{\rho} \quad \dots (2.2)$$

・ 連続式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad \dots (2.3)$$

・ 抵抗項

$$\frac{\tau_{x \text{ or } y(b)}}{\rho} = gn^2(u_{or}v) \frac{\sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} \quad \dots (2.4)$$

ここで、 M : uh (x 方向の流量フラックス) N : vh (y 方向の流量フラックス) h : 水深(m)
u, v : x, y 方向の流速(m/s) n : 氾濫原粗度係数(占有率の関数) H : 水位(m)
g : 重力加速度(m/s²) $\tau_{x \text{ or } y}$: x, y 方向の底面せん断力 ρ : 水の密度

対象とする降雨規模は 1/100 降雨確率(降雨量 315 mm/2 日)と想定最大規模降雨(降雨量 632 mm/2 日)とし、氾濫シミュレーションを実行した。比較の対象とする山陰豪雨では、最大日降雨量で 331 mm を観測した。今回比較する破堤個所の破堤幅やそれぞれの降雨規模のピーク流量等は、表 1 に示す通りである。甲府盆地は南東方向に傾斜しているため氾濫流はそれに従って流れる(図 1 参照)。流体力は、流速と水深から算出され、 v^2h (v:流速, h:水深) で与えられる。つまり、氾濫流の水深と流速で家屋の倒壊等の危険性を評価することができる。

3. 結果と考察

今回、1/100 確率降雨(L1)、想定最大規模降雨(L2)を対象とし、K-141 を破堤個所で氾濫シミュレーションを実行した。破堤 1 時間後

表 1. 各破堤個所の諸元

距離標	破堤幅(m)	河床勾配	氾濫ピーク流量(L1) (m ³ /s)	氾濫ピーク流量(L2) (m ³ /s)	倍率(L2/L1)
K-141	464.0	0.003	2429.0	3979.7	1.6

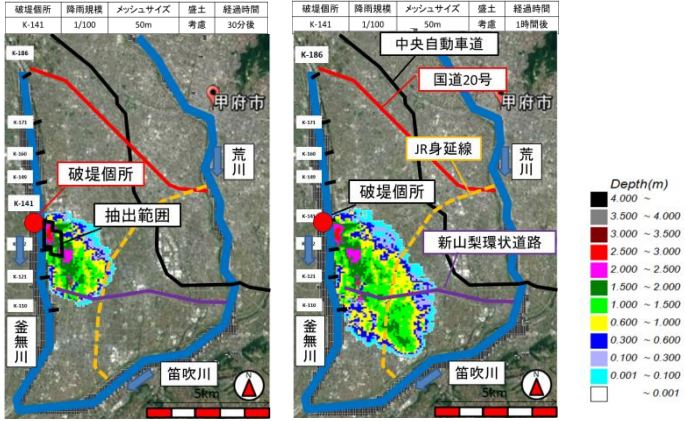


図 1. 1/100 降雨,破堤 30 分後(左図),1 時間後(右図)の浸水区域

で流体力が大きく、破堤箇所付近（図1左図：格子数224）を対象に水深、流速の算定値を抽出し、家屋倒壊の危険性を評価した。図2, 3は、家屋倒壊の危険性を示しており、滑動または旧耐震基準（1959年）における倒壊の曲線より水深と流速が大きい場合（図2, 3）、家屋倒壊・滑動が発生する。図2では、L1での水深と流速の算定値とS58三隅川全壊箇所の算定値をプロットしている。K-141のL1では、基本的には倒壊の危険性が低い、一部旧耐震基準の家屋の倒壊の危険性はある（図2）。一方で、L2では、流量がL1の2.2倍になり、倒壊や滑動の危険性が一気に高まることわかる（図3）。また、新耐震基準（1981年）でも、倒壊する可能性が高まることわかる。三隅川の破堤実績値と比較してみると、L1, L2のどちらも水深が低いことがわかる。釜無川は扇状地であり、三隅川と違い谷底平野でないため浸水深が低いのである。

図4は、L1・L2での家屋倒壊危険箇所と三隅川全壊戸数の流体力による変化を示したものである。三隅川では、地形特性から水深や流速が大きく、流体力が $30\sim35(m^3/sec^2)$ で倒壊している家屋もある。釜無川におけるL1での家屋倒壊は $15(m^3/sec^2)$ 以下で倒壊することがほとんどである。扇状地と谷底平野では、流体力の大きい値で倒壊している割合が扇状地の方が多くなることが考えられる。ただし、計算条件がすべて一致しているわけではないため、あくまで傾向として考えられる。また、洪水規模の大きいL2では、流体力が $20(m^3/sec^2)$ を超えるものもあり、三隅川と同程度の分布が見られた。

4. まとめ

今回、降雨規模ごとに氾濫シミュレーションを実行し、流体力による家屋倒壊の危険性について検討し、S58三隅川山陰豪雨の倒壊実績と比較した。L1では倒壊の危険性は比較的に小さく、破堤箇所付近でも比較的安全であるという結果になった。流体力による倒壊の変化を見ると、三隅川山陰豪雨と同程度の降雨規模であるL1と比較すると、家屋の倒壊の分布に地域特性による傾向が見られた。しかし、洪水規模の大きいL2では、谷底平野である三隅川と同程度の流体力が想定され、扇状地でも多くの家屋倒壊が想定される。L2は極めて最悪なシナリオではあるが、十分にあり得る想定である。想定を超える規模の降雨が確認された場合、河川沿いに住む住民は、このような危険性があることを周知してもらうことが特に重要となると考える。

参考文献

- ・国土交通省国土技術政策総合研究所，河川研究部，：洪水浸水想定区域図作成マニュアル，2015年7月
- ・河田恵昭，中川一：三隅川の洪水被害－洪水氾濫と家屋被害－，京都大学防災研究所年報，Vol. 27 B-2，pp. 1-18，1984
- ・末次忠司ほか：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)，土木研究所資料，第3400号，p.4，1996
- ・末次忠司：氾濫原管理のための氾濫解析手法の精度向上と応用に関する研究，九州大学学位論文，1998
- ・本間仁：低溢流堰堤の越流係数，土木学会誌，第26巻，6号，pp. 635~645，pp. 849~862，1940

キーワード：氾濫シミュレーション，家屋倒壊，流体力，釜無川，防災
連絡先：g17tc004@yamanashi.ac.jp

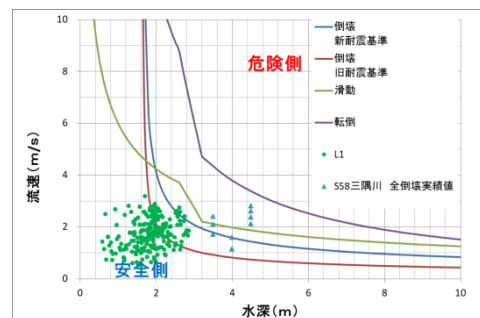


図2. K-141 L1,木造家屋倒壊

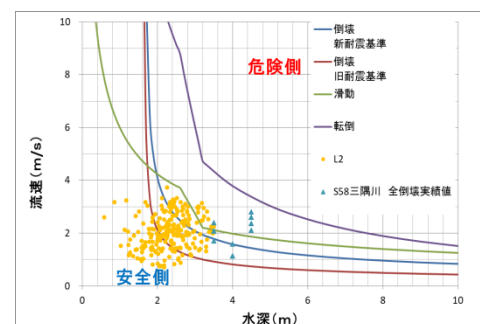


図3. K-141 L2,木造家屋倒壊

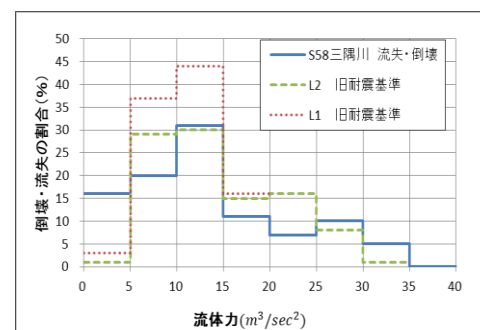


図4. L1・L2・三隅川の家屋倒壊・流失の流体力による変化