

2010 年 7 月可児川水害における洪水氾濫の素過程と避難困難度の評価

(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○浅野仁美

(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 正会員 和田 清

1. はじめに

近年、我が国では予測が困難である短期的・局部的豪雨が頻発しており、それに伴い全国各地の中小河川では洪水氾濫による被害が発生している。迅速で安全な避難体制の強化には、洪水時の氾濫水の拡がり方、浸水深や局所流速の時間変化を想定し、事前に被災時におけるリスクの高い地点を把握しておくことが不可欠である。また、過去に大きな被害が発生した地域では被災時の検証を行い、その結果をもとに、避難体制の整備を行うことが望ましい。本研究では、2010 年 7 月に発生した可児川水害を対象として、可児市土田地区のアンダーパスにおいて被害が拡大した洪水氾濫の素過程を推定し、安全に避難を開始するための動的な時間を考慮した避難困難度の評価を行ったものである。

2. 解析方法の概要

(1) 洪水氾濫の推定

解析には、水平2次元の数値計算手法である洪水氾濫ソフトウェア *NaysFlood* を適用した。まず、数値標高データを読み込み、格子(5m×5m)を生成後、各格子に粗度係数を与えて流入位置やハイドログラフの設定を行った。計算実行後、地点ごとの各時間における水深や流速を可視化した。標高データは数値標高モデルである *DEM (Digital Elevation Model)* データ、2mメッシュを使用した。粗度係数($m^{-1/3} \cdot s$)は、可児川の河道：0.05、支流の矢戸川：0.03、氾濫原：0.06と仮定した。解析に用いたハイドログラフは、可児川土田地区における水位・流量曲線式を適用し、ピーク流量1,184 m^3/s 、7月15日18時～16日0時までの6時間分を設定した。なお、支流の矢戸川は水位・流量曲線式が存在しないため、ピーク流量を仮定した。

(2) 避難困難度の評価

避難が困難となる程度は、洪水氾濫の流速と水深に大きく依存する。そのため、流速と水深の両方を考慮した指標である単位幅比力を用いて、任意の氾濫地点において、いつ避難困難な状態になるのかを推定する。なお、単位幅比力は静水圧と運動量の総和であり、式(1)のように表される。また、後述する氾濫流が車両に作用する流体力(抗力)は式(2)のようである。

$$M_0 = \frac{h^2}{2} + \frac{q^2}{gh} \quad \cdots(1)$$

$$F_D = \frac{1}{2} \rho C_D u^2 A_x \quad \cdots(2)$$

ここに、 M_0 (m^3/m)：単位幅比力、 h ：水深、 q ：単位幅単位時間当たりの流量、 g ：重力加速度、 F_D ：流体力(抗力)、 ρ ：水の密度、 C_D ：抗力係数、 u ：流速、 A_x ：流れに垂直な投影面積である。既往の研究では、避難体験の実験により、年齢、性別ごとの安全に避難できる単位幅比力の限界値が算出されており¹⁾、今回は、避難弱者となる高齢女性が安全に避難できる限界値：0.08 m^3/m を基準とした。

3. 結果および考察

(1) 洪水氾濫の挙動の推定

数値解析結果の概略は以下のようである。まず、7月15日19時05分に鬼ヶ島右岸上流部で最初の溢水が発生した。その後、19時25分には最初に溢水した箇所とは異なるアンダーパスに近い鬼ヶ島右岸下流部から溢水が発生し、その氾濫水がアンダーパスに向かった。19時35分には、氾濫水がアンダーパスに到達し、流入開始から30分後の20時05分にはアンダーパスが冠水した。図-1は解析対象地点：①上流部付近、②下流部付近、③大型トラック駐車場、④アンダーパスを示したものである。図-2はそれらの地点における浸水深の時間変化を示したものである。同図から、19時20分には氾濫水がトラック駐車場③に流れ込み始め、その40分後には最初のピーク2.10mの浸水深となったことがわかる。空のコンテナを積載したトラックの車両重量を98,000N(10tf)と仮定すると、重量と浮力が釣り合う浸水深は、1.7mと算定された。19時45分は



図-1 土田地区の代表地点

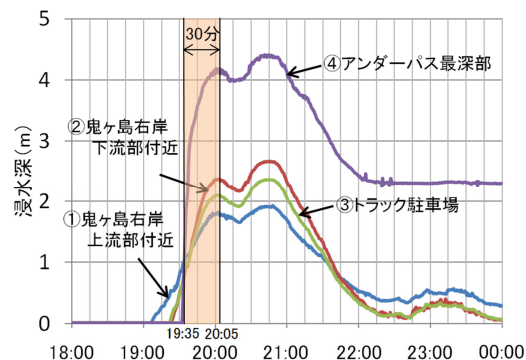


図-2 代表地点における浸水深の変化

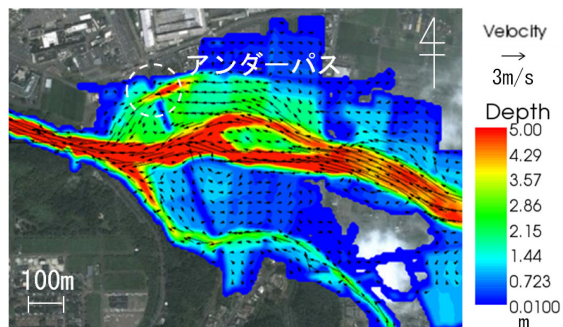


図-3 最大浸水域の空間分布

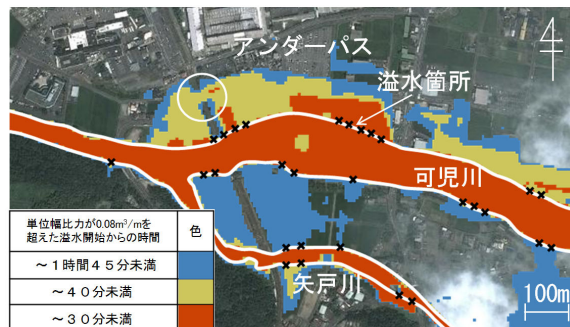


図-4 避難困難となる時刻までの所要時間

駐車場のトラックが浮き始めた時刻に相当する。また、トラック駐車場において最大流速 1.5m/s となった時刻 20 時 30 分の浸水深は 2.05m であり、この時の流体力は、抗力係数 C_D を 2.0 と仮定すると、トラック側面に対し垂直に氾濫流が当たった場合には最大 17.0kN 、トラック前面や背面に対しては最小 3.7kN 程度であると算定される。このように流速ピーク時には浸水深は 2m を超え、浮遊したトラックに作用した流体力によりアンダーパスに流出したと考えられる。図-3 は最大浸水域に達した 20 時 50 分における結果を示したものである。同図から、氾濫水がアンダーパスへ集中する様子や、アンダーパスを通り抜けて約 3m/s 程度にまで加速した氾濫水は、再び可児川本川に合流したことなどがわかる。アンダーパス下流部では、被災後に車が散乱している様子が見られている。これは、アンダーパスを通過して大きな流速をもった流れが、勢いよく車を押し流したためであると考えられる。

(2) 避難困難度の評価

図-4 は、鬼ヶ島右岸上流部で最初の溢水が始まってから、氾濫域の各地点の単位幅比力が $0.08\text{m}^3/\text{m}$ を上回る時間（避難困難となる時刻までの所要時間）を示したものである。同図から、右岸上流部と下流部付近では溢水が始まってから 30 分未満で単位幅比力が $0.08\text{m}^3/\text{m}$ を超えていることがわかる。アンダーパス付近は溢水が始まってから 30 分～40 分程度の間に避難困難となっている。溢水したという情報が入り、アンダーパスを通行止めにする間には時間が必要である。アンダーパスでは、そのわずかな時間に避難の危険が高まるため、溢水の危険が高まる場合には、溢水前にアンダーパスを通行止めとすることが望ましいといえる。

4. おわりに

以上により、可児川災害における氾濫流がアンダーパスを通過して再び本川に流入する素過程が数値モデルにより再現され、アンダーパスに短時間で勢いよく氾濫流が流れ込み浸水深が増大したことなどが示唆された。さらに、駐車場の大型トラックは大きな浮力と流体力によりアンダーパスへ掃流されるなど、氾濫域において避難困難となる時間が推定され、より避難のリスクが高い地点を抽出した。今後は、アンダーパス周辺の車両に着目して、危険度の評価を推定する予定である。

[参考文献] 1) 川中龍児, 石垣泰輔: 避難困難度指標及び避難開始時期を考慮した洪水ハザードマップの検討,

土木学会論文集 B1 (水工学), Vol.68, No.4, I_1081-I_1086, 2012.