

神戸大学工学部 正会員 沖村 孝
 神戸大学大学院 学生員 ○榊田 亨
 神戸大学大学院 学生員 大久保 博

1. はじめに

日本の都市の多くは沖積地に立地しており、過去から豪雨による浸水被害を受けてきた。さらに昭和30年代に始まった経済の高度成長にともない都市域が山麓部へと拡大し、都市では浸水に加えて土砂による災害も数多く発生してきている。都市では今後ともこれら土砂災害、浸水災害が発生する危険性が高い。このため都市において防災を論じるためには今日までに採られてきた対策および土地利用等の変化を考慮にいった山くずれや浸水による被災危険度を定量化し、分布表示する必要がある。本報では豪雨に起因する自然現象として浸水のみに着目し、砂防ダム等の防災構造物の効果を評価したモデルを作成するとともに、その手法を神戸市六甲山系南麓に位置する住吉川上流域に適用したのでその結果について報告する。

2. 浸水発生率評価手法の提案

浸水が発生する危険性は河川が破堤する危険性を評価した「破堤危険度」(D_0)と水が堤内地に湛水する危険性を評価した「湛水危険度」(D_w)を乗じたものを「浸水発生率」(D_F)として次式のように定義した。

$$D_F = D_0 \times D_w \quad (1)$$

破堤危険度は砂防ダムの効果を表す「砂防ダム効果変数」 x_1 および河川の疎通能力の効果を表す「河川容量変数」 x_2 を総合したものであると考えた。そのためにマルチプルリスクの概念¹⁾を適用し、複数の効果を評価する数学的方法である多重ロジスティック関数¹⁾を用いて破堤危険度 D_0 を次式で定義した。

$$D_0 = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2)\}} \quad (2)$$

ここに、 β_0 、 β_1 、 β_2 ：定数

湛水危険度は岩佐らによって提案された2次元平面流れ数値シミュレーション²⁾により算出された湛水深を用いて表-1のように評価した。使用する2次元平面流れの基礎式は次のとおりである。

$$\text{連続式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$x \text{ 方向の運動量式} \quad \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial (UM)}{\partial x} + \frac{\partial (VM)}{\partial y} = -gh \frac{\partial (h+z)}{\partial x} - \frac{gn^2 U \sqrt{U^2 + V^2}}{h^{1/3}} \quad (4)$$

$$y \text{ 方向の運動量式} \quad \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial (UN)}{\partial x} + \frac{\partial (VN)}{\partial y} = -gh \frac{\partial (h+z)}{\partial y} - \frac{gn^2 V \sqrt{U^2 + V^2}}{h^{1/3}} \quad (5)$$

ここに、 h ：水深、 M, N ： x, y 方向の流量フラックス、 U, V ： x, y 方向の平均断面流速、 z ：地盤高、 n ：Manningの粗度係数

被災場が有する資産を定量評価したものを「資産集中度」(C_p)と定義し、本報の場合人口密度を用いた。その資産集中度と浸水発生率を次式により総合したものを「被災人口」(D_0)と定義した。

$$D_0 = D_F \times C_p \quad (6)$$

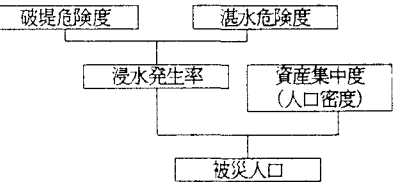


図-1 浸水被災危険度評価手法のフローチャート

表-1 湛水危険度評価方法

水深 (m)	湛水危険度
3.0 ~	1.00
2.0 ~ 3.0	0.85
1.0 ~ 2.0	0.70
0.6 ~ 1.0	0.55
0.3 ~ 0.6	0.40
0.1 ~ 0.3	0.25
0.01 ~ 0.1	0.15
~ 0.01	0.05

これらの関係は図-1の
フローチャートに示され
ている。なお解析結果は
50mメッシュに分割し、
その最小単位セルごと
に行う。

表-2 破堤危険度の評価 (昭和13年と現状)

年代	余裕貯砂量 (m^3)	流域面積 (km^2)	砂防ダム 効果変数	流入量 (m^3/sec)	疎通能力 (m^3/sec)	河川容量 変数	破堤 危険度
昭和13年	0	10.99	0.00	160	80.00	2.850	0.810
現状*	943553	10.99	3.20	260	243.04	0.166	0.476

* 現状とは平成2年当時のことを指す

4. 昭和13年当時の神戸市住吉川上流域を対象 とした浸水発生率の評価

前述した手法を昭和13年当時および現状の神戸市住吉川上流域に適用した。まず昭和13年と現状の破堤危険度の値を表-2に示す。これより、現状では昭和13年に比して河川改修や砂防ダムの建設などの防災対策の効果により、破堤危険度は低い値を示している。次に、解析開始後2,700秒の昭和13年当時の浸水発生率を求めた。その結果を図-2に示す。なお、この図には昭和13年の浸水区域および人的被害の分布も示した。これより、C, DランクがC3, C4, D2, D3付近の河川から少し離れたところでみられ河川に沿った非浸水域が再現できている。また、浸水発生率の何らかの記号があるところで被災者がでていることから昭和13年の災害事例と矛盾していない。次に現状の浸水発生率を求めた結果を図-3に示す。これより現状では浸水発生率はC4, D3付近でDランクが多数あり、特にD3付近ではCランクも出現している。しかし、図-2と比較するとC2, C3, D2で危険度が顕著に減少していることがわかる。表-2からも明らかに現状では昭和13年に比して流入量を1.6倍に大きくしているにもかかわらず浸水発生率が減少しているのは破堤危険度が0.476と低くなっているためである。図-4に現状における被災人口の分布を示す。被災人口が70~90人/haと比較的高い値を示す地域がD3, D4付近にみられるなど現状においても浸水災害を受ける危険性があり、今後一層の防災対策工の施工が望まれる。

参考文献 1) 柳井晴夫ほか：多変量解析ハンドブック、現代数学社、311P.、1986。 2) 岩佐義朗・井上和也・水鳥雅文：氾濫水の水利の数値計算法、京都大学防災研究所年報、23-B-2、pp. 305-317、1980。

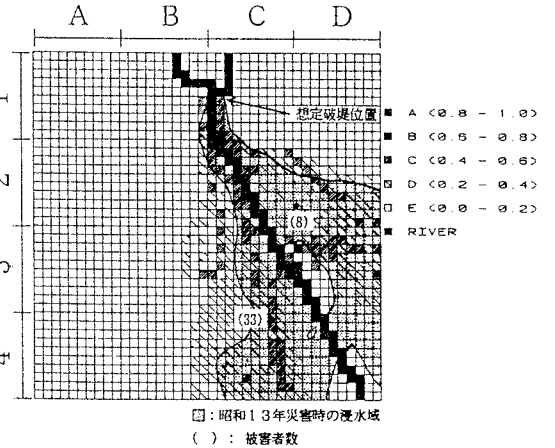


図-2 浸水発生率分布図 (昭和13年、2,700秒後)

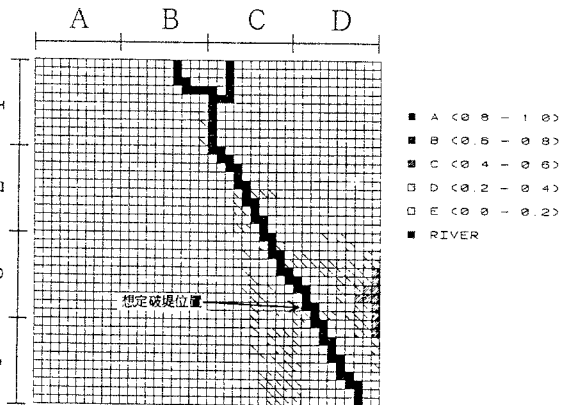


図-3 浸水発生率分布図 (現状、2,700秒後)

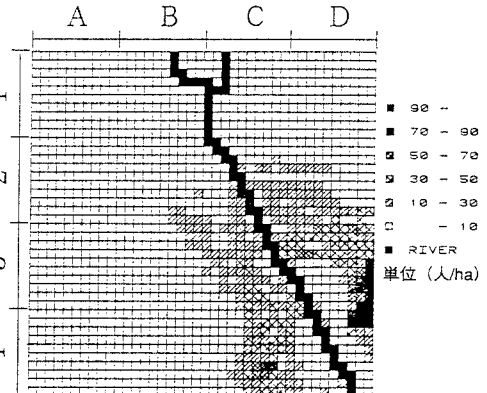


図-4 被災人口分布図 (現状)