

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

1. はじめに

筆者らはかつて豪雨に起因する洪水や山くずれという自然現象が発生する可能性とそれらが影響を及ぼす範囲の大きさを、砂防ダム等の防災構造物の効果および、その影響範囲内に分布する被災対象物を考慮することにより定義される被災危険度評価手法を提案した¹⁾。しかし、そこでは湛水危険度の算定では越流地点から湛水地点までの距離とその間の地形条件から確率論的に定義しているため、量的な連続条件ならびに運動方程式によって表される水の動きが表現できなかった。そこで本報ではこの湛水危険度評価手法の改良を目的として、2次元平面流れ数値シミュレーション手法を用いた浸水発生率評価手法を新たに提案する。また、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。

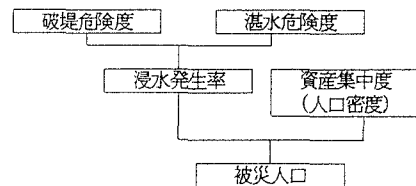


図-1 浸水被災危険度評価手法のフローチャート

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 を総合して表されると考えた。そのためにマルチブルリスクの概念²⁾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²⁾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³⁾を行うことにより算出された湛水深を用いて表-1のように評価することにした。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

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

の資産集中度と浸水発生率を次式のように総合したものを「被災人口」（ D_D ）と定義した。

$$D_D = D_P \times C_P \quad (6)$$

表-2 破堤危険度の評価（昭和13年と現状）

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

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

3. 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を表-2に示す。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、流入量が1.6倍と大きくなっているにもかかわらず破堤危険度は昭和13年の0.810に比べ0.476と低い値となっている。次に、解析開始2,700秒後の昭和13年当時の浸水発生率を求めた結果を図-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あわせて示している。C, Dランクが河川から少し離れたところでみられ、また河川に沿った非浸水域が再現できている。浸水発生率がDランク以上のところで実際に被災者がでていることから昭和13年の災害事例を比較的良好に再現していると思われる。次に解析開始2,700秒後の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。これは表-2からも明らかのように現状では昭和13年に比して破堤危険度が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るので、今後一層の防災対策工の施工が望まれる。

参考文献 1) 沖村孝・杉本剛康・大久保博：六甲山系住吉川を対象とした被災危険度評価手法の一例、第48回年次学術講演会講演概要集第IV部、pp. 12-13、1993. 2) 柳井晴夫ほか：多変量解析ハンドブック、現代数学社、311P.、1986. 3) 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.

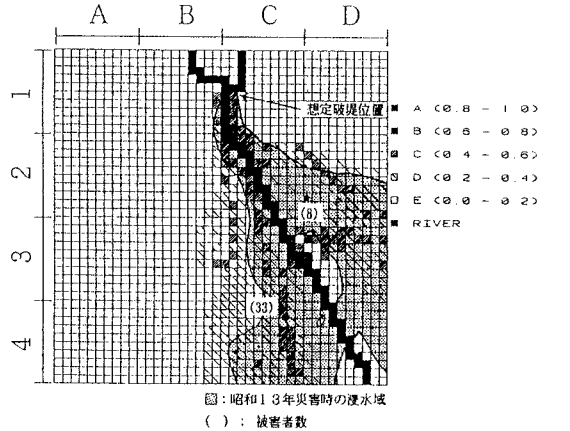


図-2 浸水発生率分布図（昭和13年、2,700秒後）

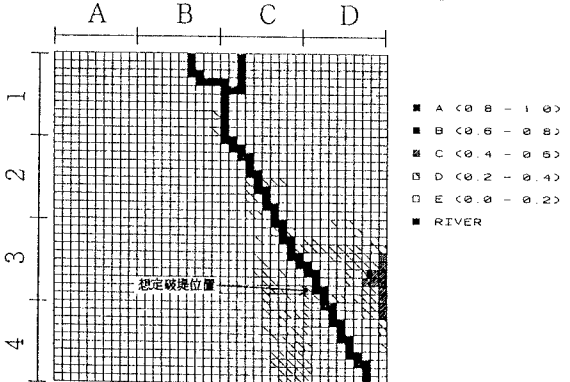


図-3 浸水発生率分布図（現状、2,700秒後）

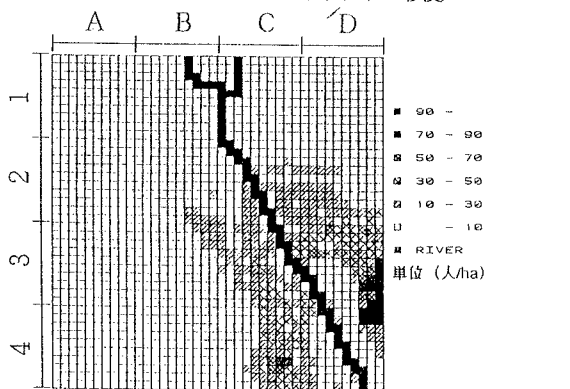


図-4 被災人口分布図（現状）