

発生確率を考慮した堤防安定性評価

岐阜大学 正会員 杉井俊夫 宇野尚雄
岐阜大学大学院 学生員 〇林 幹朗

1. まえがき

著者らはこれまでに、河川堤防の安定性評価としてロジットモデルによる被災確率モデルを提案し、その適用性を究明してきた。本モデルによって算出される被災確率は被災事例に基づくことから破壊確率とは異なり、ある条件下での確率を評価することとなり、その実用化の幅が狭くなる原因となっていた。そこで、被災確率の汎用性を考え、外力の発生確率を考慮した確率指標の試算を行った。

2. 被災確率モデルによる被災確率

被災確率モデルは式(1)に示されるように、堤防の特性要因(天端幅, 法高, ..)によって被災(破堤)か非被災(非破堤)かの2つの被災状況のうち、被災(または破堤)する確率 P_n の算出が可能である。

$$P_n = \frac{1}{1 + \exp\left(-\sum_{k=0} \theta_k X_{nk}\right)} \quad \cdots(1) \quad \theta_k : \text{最尤法により得られる未知のパラメータ}, X_{nk} : \text{堤防の特性要因}$$

被災確率モデルでは被災事例を用いることから、その構築のために被害及び無被害のデータのランダムサンプリングが必要となる。しかし、現在のところ堤防データの蓄積は少なく、また無数に近い健全な堤防が占める中から無作為抽出することは難しく、必然的にある時間、ある地域、ある被害、ある外力(豪雨、洪水)といった条件の下でしかデータを得ることはできなくなってくる。図-1は著者らが過去に昭和51年9月の豪雨時のデータで構築した被災確率モデル(Model 4)の判別樹系図であり、Model 4により算出される被災確率は条件付き確率であることが示されている。

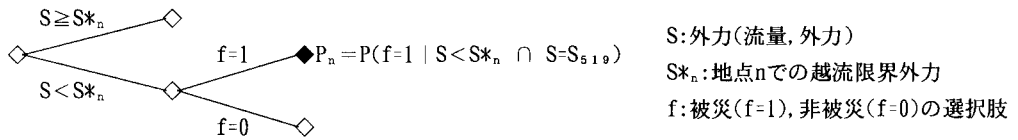


図-1 モデルの判別

図-1に示すように長良川堤防データを用いたModel 4は、越流水がないと想定した場合に何らかの被災をうける確率を評価するモデルとなっている。さらに昭和51年9月の豪雨時のデータであることから、対象外力を固定したモデルである。ここで、昭和51年9月の豪雨(記号 S_{519})が生じ、越流水がない場合に堤防が被災をうける確率 P_n' は次式で表されよう。

$$P_n' = P(S=S_{519}) \times P(S < S_n^* | S=S_{519}) \times P(f=1 | S < S_n^* \cap S=S_{519}) \quad \cdots(2)$$

ここに、 $P(S=S_{519})$: 外力 S_{519} の生起確率, $P(S < S_n^* | S=S_{519})$: 外力 S_{519} によって越流水が発生しない確率, $P(f=1 | S < S_n^* \cap S=S_{519})$: Model 4によって算出される被災確率, である。

また、越流現象を被災に含めて考えると、昭和51年9月の豪雨(記号 S_{519})により、被災をうける確率 P_n^* は、式(3)により算出されることになる。

$$P_n^* = P(S=S_{519}) \times \{P(S < S_n^* | S=S_{519}) \times P(f=1 | S < S_n^* \cap S=S_{519}) + P(S \geq S_n^* | S=S_{519})\} \quad \cdots(3)$$

3. 被災の発生確率の試算

式(3)に示すように、昭和51年9月の豪雨時の堤防が被災をうける確率を算出することを試みる。しかし、ここ

で必要となる、外力 S_{519} によって越流水が発生しない

確率 $P(S < S^*_n | S = S_{519})$ については、被災確率モデルでは算出ができないため合理

式によるピーク洪水流量から試算した。外力 S_{519} の再現期間は建設省による日雨量で148年を用い、時間雨量も同じ再現期間として降雨強度式を構築し、時間雨量を算出した結果、表-1の結果となり、実測値との差が20mmと近い値を示していることから、時間雨量の再現期間148年を採用することとした。合理式により洪水時のピーク流量算出時の流出係数等を表-2に示す。図-2は再現期間148年の時間降雨量の降雨に対する長良川の流量と流下能力、及び昭和51年9月豪雨時に観測されたピーク時の算出流量を示す。観測点の実測値とも良い一致を示しており、すべての断面で洪水処理が可能であり、越流する可能性がないことがわかる。また、Model 4の構築時の被災事例データ(表-3)でも、越流現象が生じておらず、外力の発生確率を考慮してピーク

表-1 時間降雨量の計算値と実測値

	最大時間雨量
再現期間148年計算値	116.2mm
岐阜气象台の実測値	92.5mm

表-2 流出係数と流路勾配

流出係数	0.7
流路勾配	1/1000

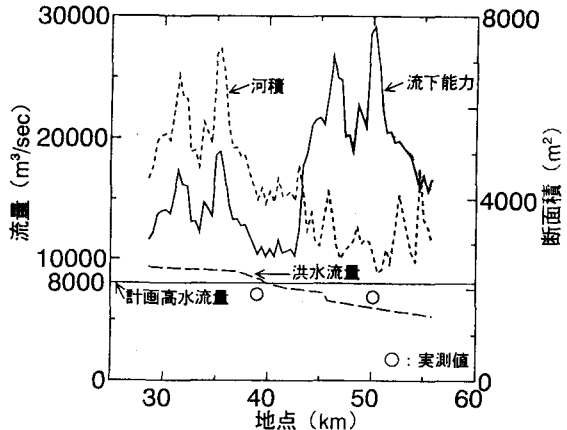


図-2 長良川地点別流量図

洪水流量で求めた結果の整合性が得られていることがわかる。これより、外力 S_{519} によって越流水が発生しない確率 $P(S < S^*_n | S = S_{519}) = 1$ であり、式(3)は式(4)のように書き改められる。

$$P_n^* = P(S = S_{519}) \times P_n(f=1 | S = S_{519}) \quad \dots\dots(4)$$

ただし、 $P(S < S^*_n | S = S_{519}) = 1$, $P_n(f=1 | S = S_{519}) = P_n(f=1 | S < S^*_n \cap S = S_{519})$

すなわち、被災確率モデルで算出される被災確率に外力 S_{519} の生起確率 $P(S = S_{519})$ を乗じることにより求められる。

図-3の結果から、堤防の被災の発生確率のオーダーが把握することができる。

表-3 長良川堤防データ

	被災形態	件数	Model 4
越 水 な し	破堤	1	36
	表法面欠壊	30	
	裏法面崩壊	5	
	軽無被害	87	87

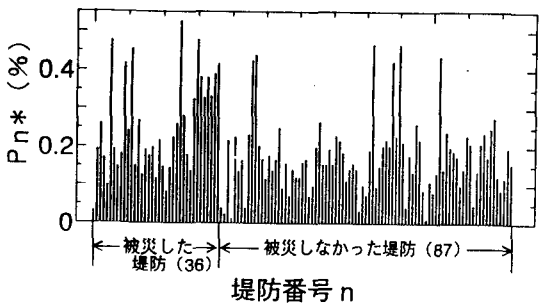


図-3 被災の発生確率

4. あとがき

被災確率とモデル構築時の外力(降雨)による洪水流量を用い、外力の発生確率を考慮した堤防の被災する確率の試算を行い、被災確率の普遍化の可能性を得た。

【参考文献】1)宇野・森杉・杉井・中野:被災事例に基づく河川堤防の安定性評価,土木学会論文集, No. 400/Ⅲ-10, p. 161-170, 1988. 2)吉野文雄・米田耕蔵:合理式の到達時間と流出係数,土木技術資料, No. 15, 1973. 3)建設省木曽川上流工事事務所:昭和51年9月・洪水対策の記録, 1985.