

被災形態を考慮した堤防安定性評価

岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄
中部大学工学部 正会員 杉井俊夫
岐阜大学大学院 学生会員 ○ 林 幹朗

1.はじめに

著者ら¹⁾は、これまでに河川堤防の安定性評価手法として、ロジットモデルを用いた被災確率モデルの提案を行ってきた。しかし、そのモデルの特性から被災確率モデルは2つの被災形態の現象予測であった。そこで、本研究ではこの点を考慮し、2つ以上の被災形態別の確率の算出が可能である堤防安定性評価モデルの構築を試みる。

2.被災形態を考慮した堤防安定性評価

2-1 被災形態評価モデルの構築

これまでに提案されている被災確率モデルは、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)する確率の算出が可能である。しかし、2つの現象を判別する2項ロジットモデルを適用しているので、2つの現象予測しかできないという制約を受ける。この点を考慮するためにNLモデル(ネス

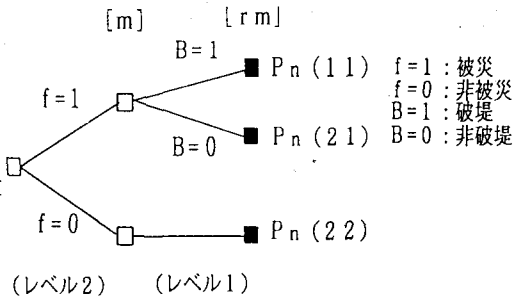


図-1 NLモデルにおける判別樹系図

ティッドモデル)²⁾を適用する。NLモデルは図-1のような被災形態別の確率を算出することが可能である。NLモデルは図-1のようなツリー構造をなし、選択枝の類似性が高いと思われる方をレベル1のグループ、小さいと思われる方をレベル2のグループとする。レベル1における選択枝(rm)を選択する確率 $P_n(rm)$ は、mを選択したという条件のもとでrを選択する条件確率 $P_n(r|m)$ と、レベル2においてmを選択する確率 $P_n(m)$ の積で表される。また $P_n(r|m)$ 、 $P_n(rm)$ は、それぞれ通常のロジットモデルの場合と同じ考え方を用いて誘導することができるのでこれを式に表すと次式で表される。

$$P_n(rm) = P_n(r|m)P_n(m) \\ = \frac{e^{\lambda_1 \beta X_{(r|m)n}}}{\sum_{r=1}^{R_{mn}} e^{\lambda_1 \beta X_{(r|m)n}}} \cdot \frac{e^{\{\lambda_2 \theta' X_m + (\lambda_2 / \lambda_1) \ln \sum_{r=1}^{R_{mn}} \exp(\lambda_1 \beta X_{(r|m)n})\}}}{\sum_{m=1}^{M_n} e^{\{\lambda_2 \theta' X_m + (\lambda_2 / \lambda_1) \ln \sum_{r=1}^{R_{mn}} \exp(\lambda_1 \beta X_{(r|m)n})\}}} \quad (1)$$

ここに、 $X_{(r|m)n}$ ：レベル1の特性要因、 X_m ：レベル2の特性要因、 β ：レベル1における未知のパラメータ

θ ：レベル2における未知のパラメータ

ここで、 $\lambda_1 = 1$ においても一般性を失わないので未知のパラメータは β 、 λ_2 、 θ となる。これを最尤法によってパラメータ推定を行なうことによって、求める確率 $P_n(rm)$ が算出される。未知のパラメータ β 、 λ_2 、 θ を推定する方法には段階推定法を用い、用い

表-1 モデル構築データ

	被災形態	件数	レベル1	レベル2
越水あり	破堤	120	120	151
	表法面欠壊	19	31	
	裏法面崩壊	12		
	軽無被害	45	45	45

たデータは、表-1に示す。

2-2 推定結果

パラメータ推定結果を表-2に示す。レベル1においては「天端幅」、「裏法高」、「堤体断面積」、「流下能力／被災時流量」といった要因が、またレベル2では、「流下能力／被災時流量」、「漏水あり」の要因が、95%の信頼区間（ t 値 >1.96 ）が採択された。 λ_2 に関する t 値は、上段が $\lambda_2=0$ に対する t 値、下段が $\lambda_2=1$ に対する t 値である。ここで選択要因に注目すると、「流下能力／被災時流量」の要因は外力の程度を示す要因であり、レベル1、レベル2両方において採択されている。これから河川堤防の安定性に外力が影響すると判断することができる。通常レベルごとのデータの分散を示す λ_2 の値は

$0 < \lambda_2 < 1$ であり、表-2において $\lambda_2=0.177$ であるのでこのツリー構造は適切であると判断することができる。さらにこのパラメータの推定値を用いて中小河川堤防において、越流水がある場合の破堤する確率 $P_n(11)$ 、部分被害の確率 $P_n(21)$ 、軽無被害の確率 $P_n(22)$ を算出した。この結果を図-2に示す（ $P_n(11) + P_n(21) + P_n(22) = 1$ ）。この図から“破堤した堤防（120）”の再現性はかなり高く、逆に“軽無被害（45）”の再現性は低いことがわかる。また、表-2から破堤、部分被害、軽無被害のそれぞれの適中率は、97.5%、25.8%、8.9%であり破堤の適中率は高いが、軽無被害の適中率が低い結果となった。

3. おわりに

ネスティッドモデルを用いて堤防安定性評価モデルを構築し、特に破堤、非破堤を判別する被災形態別の確率の算出が可能となり、従来の被災確率モデルに比べ汎用性が高くなった。その際、「流下能力／被災時流量」の要因が採択されたことから堤防の安定性には、外力が影響することが確認された。

（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、No400/3-10 pp161-170 （1988）.
- 2) 森杉壽芳：非集計行動モデルの推定と検定、土木計画学講習会テキスト15, pp.25-66 （1984）

表-2 パラメータ推定結果

	特性要因	パラメータ	t 値
レベル1	選択肢 ダミー変数	6.383	5.193
	天端幅	-0.613	4.139
	裏法高	-0.958	2.124
	堤体断面積	0.036	2.145
	流下能力 被災時流量	-3.527	3.694
レベル2	選択肢 ダミー変数	10.456	2.731
	流下能力 被災時流量	-9.320	2.365
	漏水あり	9.777	2.295
θ	λ_2	0.177	0.869
			4.040
適中率	破堤 $P_n(11)$		97.5%
	部分被害 $P_n(21)$		25.8%
	軽無被害 $P_n(22)$		8.9%
	全体		65.8%

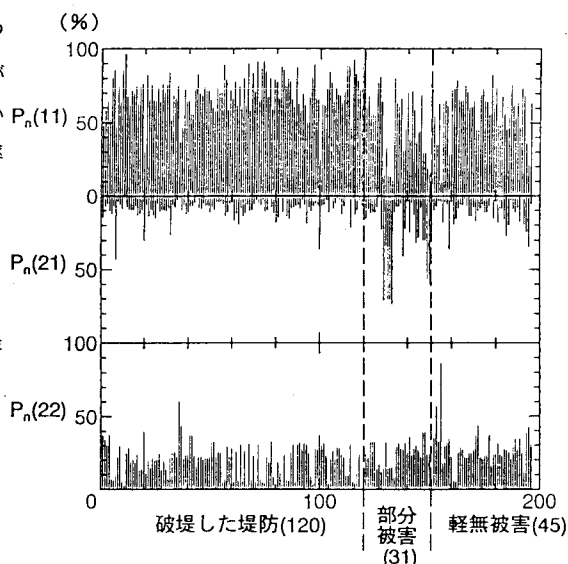


図-2 NLモデルの再現確率