

河川堤防の被災規模の予測

中部大学工学部 正会員○杉井俊夫
岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄
中部大学工学部 吉崎英人

1. まえがき

著者らはこれまでに河川堤防の安全度評価のためにロジットモデルを援用した被災確率モデルの適用を試み、十分な適用性が得られること究明してきた¹⁾。被災確率モデルは定性的な事象の判別を行う上で有効な手法である。今回は、堤防の安全性を考える上で重要となる被災規模²⁾に着目し、多項ロジットモデルを用いた被災規模の定量的な予測の試みを行った。

2. 多項ロジットモデルの概要

これまでの被災確率モデルは2つの現象を判別する2項モデルであるが、多項ロジットモデルは複数の事象に判別することが可能である(図-1)。多項ロジットモデル³⁾による堤防*n*が個々の事象をとりうる確率*P_{in}*は次式で与えられる。

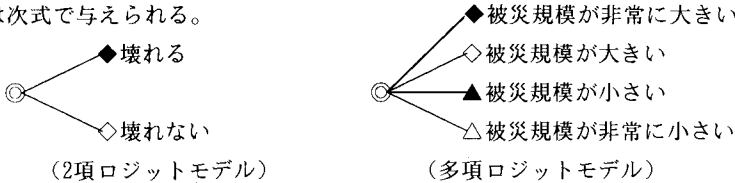


図-1 2項と多項ロジットモデル

$$P_{in} = \frac{\exp(\lambda V_{in})}{\sum_j \exp(\lambda V_{jn})} = \frac{1}{\sum_j \exp\{\lambda(V_{jn} - V_{in})\}} \tag{1}$$

$$V_{in} = \theta_0 X_{jn1} + \theta_1 X_{jn2} + \dots + \theta_k X_{jnk} \tag{2}$$

ここに *P_{in}* : *i* の事象が起こる確率, *V_{in}* : *j* 事象のポテンシャル関数, *θ_k* : 未知のパラメータ, である。多項ロジットモデルのいくつかの破壊形態等の判別が可能であることを利用し、本報告では、被災規模をランク分けし、被災規模予測を試みることにした。

3. 被災規模の推定

これまで著者らは被災規模を堤体の被災割合と被災延長及び堤体断面積の積で定義を行ってきた²⁾。しかし、堤体の断面積との相関が高いため、断面積で除した値(ここでは被災度合とよぶ)を堤防の大きさ考慮した被災の程度と考える。すなわち、被災度合は次式として定義される。

$$\text{被災度合(m)} = \frac{\text{被災規模}}{\text{堤体断面積}} = \text{被災割合}^{2)} \times \text{被災延長} \tag{3}$$

今回解析対象としたのは、中小河川堤防¹⁾の越流水を受けた場合の190地点の堤防データ(破堤: 116, 表法欠壊: 18, 裏法崩壊: 11, 軽無被害: 45)を用いた。被災度合と度数の関係を図-2に示す。これより、被災の程度(被災度合)を次の3つのカテゴリーに分け、多項ロジットモデルにより算出される最も高い確率*P_{in}*、すなわち最も取りうる被災度合*i*に断面積を乗じることにより被災規模を予測を行う。

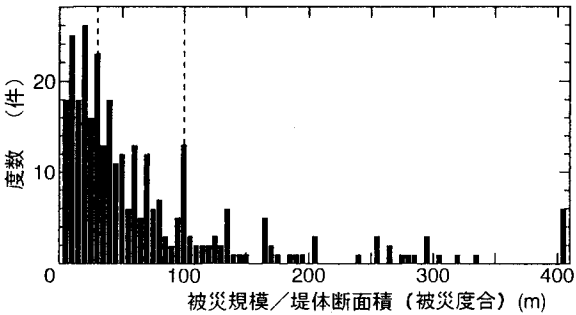


図-2 被災度合と度数

$100 \leq \text{被災度合}$ $i=1$ (データ数 30箇所)
 $30 \leq \text{ " } < 100$ $i=2$ (" 70箇所)
 $0 \leq \text{ " } < 30$ $i=3$ (" 90箇所)

表-1に示す説明要因を用いており、11要因について被説明事象 $j-1$ 個ずつ推定パラメータが必要となる。

表-1 解析要因

固有ダミー	天端幅	裏法高	堤体断面積	堤体土質	流下能力 被災時流量	表法構造 透水性	天端舗装 透水性	漏水あり	河道 状況		
									凹岸部	凸岸部	河川構造物
θ_0^1, θ_0^2	θ_1^1, θ_1^2	θ_2^1, θ_2^2	θ_3^1, θ_3^2	θ_4^1, θ_4^2	θ_5^1, θ_5^2	θ_6^1, θ_6^2	θ_7^1, θ_7^2	θ_8^1, θ_8^2	θ_9^1, θ_9^2	$\theta_{10}^1, \theta_{10}^2$	$\theta_{11}^1, \theta_{11}^2$

4. 解析結果と再現性

θ_k^j は添字の j 事象とその他の事象の判別に有意となる要因パラメータである。またパラメータの正の符号の要因は被災度合を大きくする(被災度合グループ i 番号の若い方が被災度合が大きい)要因であり、負の符号は逆である。これより透水性のある法構造要因及び透水性の天端舗装要因は大きな被災度合の判別において被災度合を大きくする傾向があり、力学的にも解釈できる。また、漏水あり及び河道状況(凸岸部)の要因は小さな被災度合の判別に有効で、被災度合を抑止する要因である結果が得られている。すなわち、漏水があったり、凸岸部の堤防では、ある程度の被災度合いを受けることを示唆するものである。

このように被災の度合いが大きい場合と小さい場合との要因の効き方が異なっていることが解析結果からわかる。

次に、構築モデルの確率の再現結果を図-3に示す。これによると被災度合が100以上の場合の的中率があまり良くないが、推定被災度合により実際の結果が説明されていることがわかる。

5. まとめ

今回、定性応答モデルであるロジットモデルを被災規模(被災度合)の定量的な予測法に適用を試みた。現在、判別事象の独立性やそのカテゴリー(被災度合)の区分方法についても問題点は残されているが、2項ロジットモデルと同様な説明要因を用いることにより、多項ロジットモデルの適用の可能性が得られた。今後、問題点について検討すべく、多項ロジットモデルを用いた被災規模予測法の改善を行う予定である。

【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，pp. 161-170，1988。
- 2) 宇野・森杉・杉井・岡田・北村：堤防の被災確率モデルと被災規模を決定する要因の特定化，第34回土質工学シンポジウム発表論文集，pp. 189-194，1989。
- 3) 森杉：非集計行動モデルの推定と検定，土木計画学会講習会テキスト，pp. 25-66，1984。

表-2 パラメータ推定結果

評価要因	パラメータ推定値	t 値
固有ダミー	θ_0^1 -2.64350	4.52659*
	θ_0^2 -0.39802	1.65912**
法構造(透水性)	θ_6^1 0.89599	2.48370*
天端舗装(透水性)	θ_7^1 1.05847	2.00184*
漏水あり	θ_8^2 -0.97377	2.22691*
河道状況(凸岸部)	θ_{10}^2 -0.89457	2.11616*

尤度比 0.116067

*: 5%有意, **: 10%有意

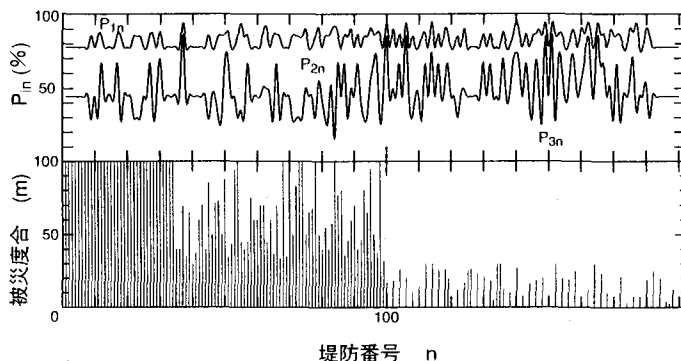


図-3 再現確率と実被災度合