

III-415

ネスティッドモデルによる堤防の被災形態の評価

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
前田建設工業（株）正会員 ○林 幹朗

1. はじめに

これまでに、著者ら¹⁾は河川堤防の安定性評価手法として安定・不安定の2事象を対象とした2項ロジットモデルによる被災確率モデルの提案を行ってきた。今回、さらに被災の規模や改修方法に深く関わる被災形態を予測することの意義を考え、今回、ロジットモデルの1つであるNested Logit Model(略してNLモデル)の適用を試み、ここに報告する。

2. 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、裏法高、・・・）によって被災（または破堤）か非被災（または非破堤）かの2つの被災状況のうち、被災（または破堤）する確率の算出を可能とした。しかし、河川堤防の破壊形態は様々な形態を取り得ると考えられ、本研究ではこの点に着目して2つ以上の被災形態の確率の算出を可能とする堤防安定性評価モデルに、NLモデル²⁾の適用を試みる。NLモデルは図-1、2のような被災形態別の確率の算出が可能であり、ツリー構造をなしている。本研究では、被災形態の分類の仕方の違いによりツリー案1（図-1）、ツリー案2（図-2）について検討を行った。ツリーの構造は、判別事象の類似性が大き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における事象(rm)となる確率 $P_n(rm)$ は、m事象が生じたという条件のもとでr事象が生ずる条件確率 $P_n(r|m)$ と、レベル2においてm事象が生じる確率 $P_n(m)$ の積で表される。また $P_n(r|m)$ 、 $P_n(m)$ 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。

$$P_n(rm) = P_n(r|m) \cdot P_n(m)$$

$$= \frac{\exp \beta X_{(r|m)n}}{\sum \exp \beta X_{(r|m)n}} \cdot \frac{\exp \{ \lambda_2 \theta X_m + (\lambda_2 / \lambda_1) \ln \sum \exp (\lambda_1 \beta X_{(r|m)n}) \}}{\sum \exp \{ \lambda_2 \theta X_m + (\lambda_2 / \lambda_1) \ln \sum \exp (\lambda_1 \beta X_{(r|m)n}) \}} \quad (1)$$

ここに、 $X_{(r|m)n}$ ：レベル1の堤防の特性要因、 X_m ：レベル2の堤防の特性要因、 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、 λ_1 、 λ_2 ：被災ポテンシャルの確率項のばらつきを示すパラメータである。

ここで、 $\lambda_1 = 1$ と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 、 θ 、 λ_2 となる。これを最尤推定法によってパラメータ推定を行うことによって、求める確率 $P_n(rm)$ が算出される。未知のパラメータ β 、 θ 、 λ_2 を推定する方法には段階推定法を用い、なお表-1に示す越流水発生下のデータにより構築した。

3. モデルの構築結果と再現性

ツリー案1、2のパラメータ推定結果を表-2、3に示す。構築結果である推定パラメータの正符号は「外力的要因」、負符号は「抵抗力的要因」と解釈され、それぞれの被災形態の判別に効く堤防の特性要因

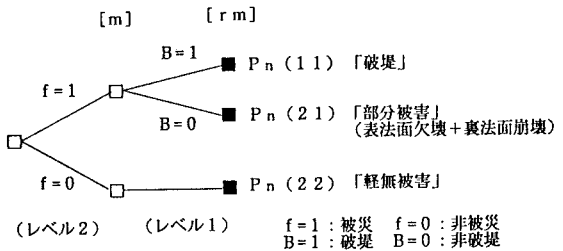


図-1 ツリー案1における判別樹形図

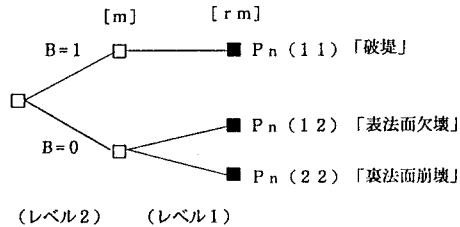


図-2 ツリー案2における判別樹形図

が力学的にも解される要因として抽出されていることがわかる。また、2つのツリー案の構造の妥当性については、ばらつきを示す λ_2 の値が0~1の間にあればそのツリー構造は適切であるされ²⁾、表-2、3よりツリー案1は適切であり、ツリー案2は適切でないと判断される。このことは破堤も被災形態の一つの特殊なケースとして被災レベルを示唆するものと考察される。次に、それぞれの再現性を図-3、4に示しており、最も高い確率の被災形態を生じると評価できる。図-3より「軽無被害」以外は、概ねの傾向をとらえている。特に、「破堤」の再現性はかなり高い（的中率96%）といえる。また、ツリー構造が不適切とされた図-4のツリー案2もかなり高い中率で再現されているが、ツリー構造とデータ数の偏りによる影響から破堤の確率がかなり高い傾向であらわれていることがわかる。

表-2 ツリー案1のパラメータ推定結果

特性要因	レベル1のパラメータ (β)	レベル2のパラメータ (θ)
選択肢ダミー変数	4.538 (5.298)	11.039 (3.091)
天端幅	-0.681 (4.275)	
堤体土質	-3.094 (3.591)	
流下能力/被災時流量		-9.674 (2.380)
漏水あり		10.009 (2.286)
河道状況(凸岸部)	2.429 (2.177)	
λ_2	0.172 (1.078:1($\lambda_2=0$), 8.207:1($\lambda_2=1$))	

() 内はt値

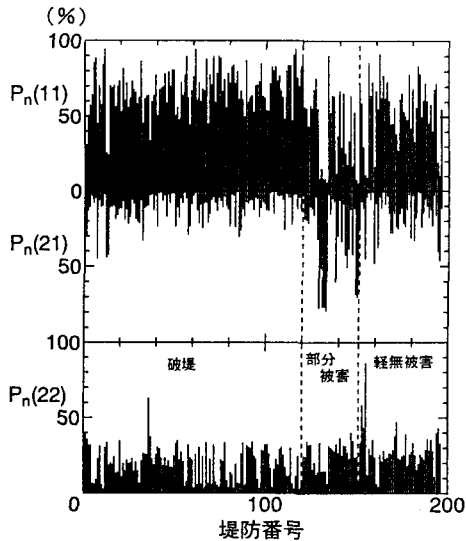


図-3 ツリー案1の再現結果

表-1 各ツリー案の構築データ

被災形態	ツリー案1	ツリー案2
破堤	120	120
表法面欠壊	19	19
裏法面崩壊	12	12
軽無被害	45	45

表-3 ツリー案2のパラメータ推定結果

特性要因	レベル1のパラメータ (β)	レベル2のパラメータ (θ)
選択肢ダミー変数	2.333 (3.356)	-2.482 (2.859)
天端幅	-0.470 (3.161)	0.357 (2.839)
堤体断面積		-1.852 $\times 10^{-3}$ (2.284)
堤体土質		0.152 (2.746)
河道状況(凸岸部)		-0.335 (2.241)
λ_2	15.030 (2.567:1($\lambda_2=0$), 2.396:1($\lambda_2=1$))	

() 内はt値

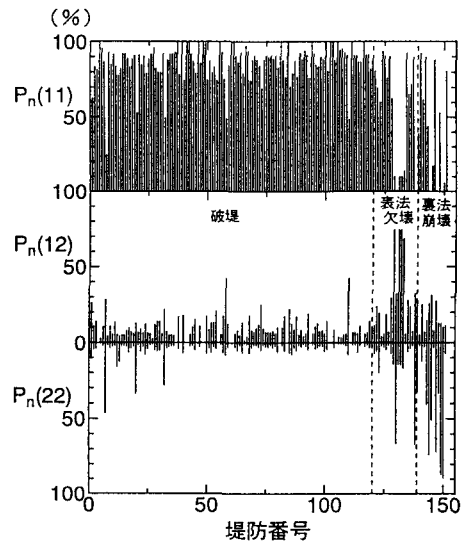


図-4 ツリー案2の再現結果

4. おわりに

NLモデルを、簡単な被災形態の予測に適用することにより、定性的であった各被災形態相互間の関係をツリー形式で被災形態をレベル分けすることができ、また判別要因の抽出及び高い再現性を得ることがわかった。今後、モデルの精度向上とさらに形態の細分化について検討を行う予定である。

【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，No400/Ⅲ-10，pp. 161-170(1988)． 2)森杉：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)