

ロジットモデルによる河川堤防の評価要因

岐阜大学工学部 正会員 宇野尚雄  
 岐阜大学工学部 正会員 杉井俊夫  
 岐阜大学工学部 学生会員 ○中野雄治

1. まえがき

河川堤防の破壊に対する支配的因子は多種にわたり、また、それらが複合している場合なども手伝って破壊メカニズムの解明及び安全性評価の開発が困難な現状にある。そこで本研究は、被災事例に基づく安全性評価の開発を目的とし、ロジットモデルと呼ばれる予測モデルの適用を試みた。その中で、本文では特に、モデルを構築するにあたり、被災に対する支配的要素の抽出とその解釈に視点を当てて報告する。

2. ロジットモデルの概要

ロジットモデルによると堤防  $n$  が選択肢 1 (破壊), 2 (非破壊) を選択する確率  $P_{1n}, P_{2n}$  は次式で表される。

$$P_{1n} = \frac{1}{1 + \exp[-(v_{1n} - v_{2n})]} \quad (1), \quad P_{2n} = 1 - P_{1n} \quad (2), \quad v_{in} = \theta_0 X_{in0} + \theta_1 X_{in1} + \dots \quad (3)$$

ここで  $v_{in}$  は被災に対するポテンシャル関数であり、 $X_{ink}$  は特性要因 (天端幅、法高...)、 $\theta_k$  は未知のパラメーターで最尤法により推定される。 $X_{in0}$  は選択肢固有ダミー変数と呼ばれ、常に 1 が入力されている。従って線形式と仮定した被災に対するポテンシャル関数の定数項、すなわち関数の中で明示的には取り上げていない様々な要因をまとめて定数  $\theta_0$  としている。

(ダミー定数)

3. ロジットモデルの構築 - 特性要因の棄却 -  
 モデルを構成する特性要因の抽出方法は、先に述べた最尤法により推定された各パラメーターについても検定を行い有意とされる要因パラメーターを抽出する。すなわち  $t$  値 = 1.96

(信頼度 95%, 自由度  $\infty$ ) に満たない要因について、 $t$  値の一番小さい要因を棄却し、残る要因で再びパラメーター推定を行い、このSTEPを順次繰り返す。すべての要因の  $t$  値が 1.96 以上になったところで終了する。 $t$  値が低くなる原因として①要因が被災に対する説明力を持たない場合、②他の要因と相関性があり、重共線性を生じる場合、が挙げられる。このことから、棄却された要因は単に被災に対して説明力を持たず、無関係と判断するには注意が必要である。筆者らが以前に構築したモデル<sup>1)</sup>に

Table 1 要因間の相関係数 - 中小河川堤防越水有り -

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 天端幅	1.000	0.531	0.568	-0.235	0.135	0.151	-0.119	0.016	-0.005	0.003	-0.181
2 法高	0.531	1.000	0.912	-0.446	0.173	0.073	0.002	-0.022	-0.071	-0.033	-0.039
3 堤体断面積	0.568	0.912	1.000	-0.266	0.148	0.095	-0.076	-0.007	-0.055	-0.066	0.000
4 堤体土質	-0.235	-0.446	-0.266	1.000	-0.275	0.031	-0.116	-0.062	0.039	-0.017	-0.005
5 流下/被災	0.135	0.173	0.148	-0.275	1.000	0.003	0.015	-0.119	0.079	-0.006	0.025
6 表法構造①	0.151	0.073	0.095	0.031	0.003	1.000	0.005	-0.086	0.093	-0.042	0.141
7 漏水有り	-0.119	0.002	-0.076	-0.116	0.015	0.005	1.000	0.065	-0.072	-0.031	-0.179
8 河道状況①	0.016	-0.022	-0.007	-0.062	0.119	-0.086	0.065	1.000	-0.315	-0.390	0.006
9 河道状況②	-0.005	-0.071	-0.055	0.039	0.079	0.093	-0.072	-0.315	1.000	-0.207	0.053
10 河道状況③	0.003	-0.033	-0.066	-0.017	-0.006	-0.042	-0.031	-0.390	-0.207	1.000	-0.101
11 天端舗装①	-0.181	-0.039	0.000	-0.005	0.025	0.141	-0.179	0.006	0.053	-0.101	1.000

※ 流下/被災 ① 蛇行部凹岸部 ② 河道状況② ③ 蛇行部凸岸部 ④ 河道状況④ 河川工作物上下流

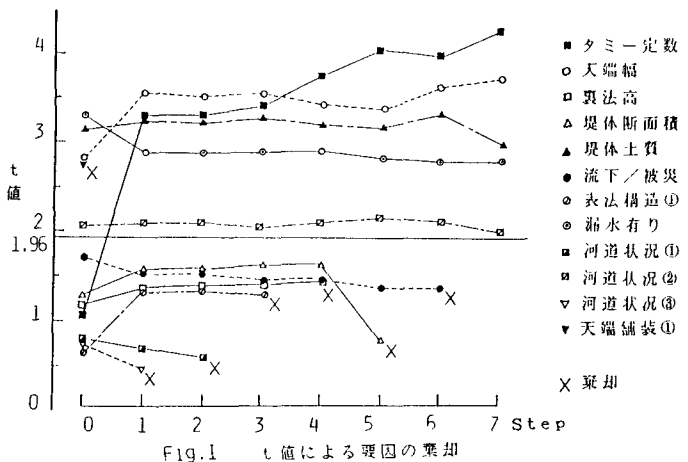


Fig.1 t 値による要因の棄却

ついて説明する。ランダムサンプリングされた中小河川堤防の越流水がある場合のデータを用いて11個の特性要因を取り上げ、破堤する確率の評価を行うモデルを構築した。Table 1は、その11個の要因間の相関を、またFig. 1は棄却過程を示す。t値2.82であるにもかかわらず、天端舗装要因を棄却したことについては、ダミー定数との相関性が高い、すなわち天端舗装がされていない（透水性構造）状態の堤防がほとんどで、0-1変数である天端舗装要因はほぼ1となり、ダミー定数と同じ扱いとなるためである。このことはSTEP0~1において、天端舗装を棄却したことにより、ダミー定数のt値が急増したことからも判断できる。STEP4~5では裏法高を棄却した後、堤体断面積のt値が減少している。裏法高を棄却したことにより、堤体断面積との間の重共線性が除かれたにもかかわらずt値が低くなったのは、この要因は被災に対して説明力を持たないことが推察される。STEP5~6では、天端幅、堤体土質のt値が上昇したが、2つの要因と堤体断面積との間に弱い相関性がみられ、ここで重共線性が消えたためと考える。以上、相関がみられる要因のうち、一方の要因を削ると他方は次にt値が大きく変動し、またどの要因とも相関のみられない要因はt値の変動も少ないことから、棄却の順序は変えても、最終的に同じ要因が残るといえよう。

4. 要因の感度分析

ロジットモデルにおいて、天端幅、土質、漏水あり、河道状況(凸岸部)が被災を説明する要因として抽出されたか、モデルの検証と抽出要因の解釈のため、被災結果から要因の破堤に対する影響を調べる。

各要因の相互関係を比較するため、無次元化して偏差(0.3間隔)でデータを整理し、各要因の偏差別破堤発生率を求めた。また各要因の変化かのように破堤発生率に影響を与えるかを調べるため、数値変数型の要因と破堤発生率間の線形回帰式を求め、結果をTable 2に示す。この結果、回帰線勾配および回帰における相関係数Rから〔天端幅>堤体土質>堤体断面積>流下能力/被災時流量>裏法高〕の順で破堤に対する要因の影響度が現れることが判った。すなわち、破堤に対して天端幅、堤体土質は影響度が高く、逆に堤体断面積、流下能力/被災時流量、裏法高は影響度が低いことがいえ、これはロジットモデルの要因の棄却とも一致する。

5. あとがき

以上、要因の棄却、解釈についてまとめると1)モデルの構築には、相互の要因間に高い相関がある場合は一方を棄却しておくことが望ましいが、t検定による棄却過程においてもt値の変動により考察される。2)ダミー定数との相関が高い場合にはダミー定数と同じ扱いを受けるため最初に棄却しておく必要がある。3)数値変数型の要因だけであるが、感度分析から得られた影響要因はロジットモデル要因棄却結果とも一致し、モデルが検証された。

【参考文献】 1)宇野尚雄, 森杉壽芳, 杉井俊夫: 堤防安定性評価のためのロジットモデル, 地盤工学におけるリスク評価手法に関するシンポジウム 発表論文集, pp 15-20 (1987)

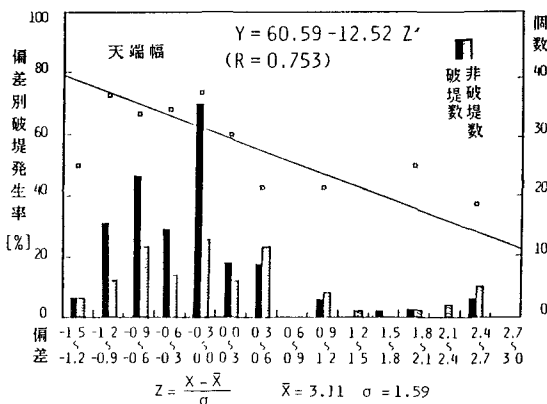


Fig.2.1 要因別破堤発生率

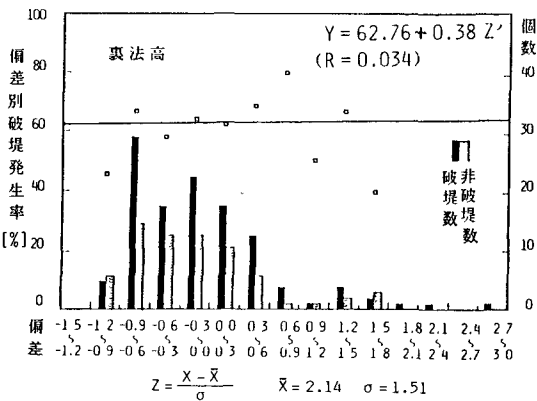


Fig.2.2 要因別破堤発生率

Table 2 各要因の回帰直線と相関係数R

Y=A+B*Z	A	B	R
天端幅	60.59	-12.52	0.752
裏法高	62.76	0.38	0.034
堤体断面積	62.10	-3.72	0.217
堤体土質	61.80	-9.89	0.782
流下/被災	61.74	-1.75	0.098