

# 被災確率モデルを適用した河川堤防改修工事の評価

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

1. まえがき 急速な都市化にともない、防災構造物としての河川堤防の重要性が高まる一方で、その堤防の延長が長く、広範囲にわたる工事に必要な費用、時間等が洪水対策を抑制する形となっている。これまでに著者らは、河川堤防の安定性評価法として被災確率モデルを提案するとともに<sup>1)</sup>、合理的な改修工事の意志決定の方法についても仮想工事を想定することにより検討を行ってきた。本報告では、実際に行われてきた堤防工事が被災確率モデルを用いてどのように評価され得るか、一般的な2つの改修工事例について検討を行った。

## 2. 被災確率モデルと被災リスクポテンシャル

### ①被災確率モデル

ロジットモデルにより定義する被災確率モデルにおいて堤防nが被災する確率 $P_n$ を次式で定義する。

$$P_n = \frac{1}{1 + \exp(-V_n)} \quad \dots (1) \quad V_n = \theta_0 + \theta_1 X_{n1} + \dots + \theta_k X_{nk} \quad \dots (2)$$

$V_n$ は、得られている堤防の特性要因で説明される被災ポテンシャル関数の確定項であり、 $X_{n1} \dots X_{nk}$ は堤防nの特性要因である。また、 $\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_k$ は最尤推定法により決定される未知の定数パラメーターである。本文でのこのパラメーターの数値は表-1に示す。

### ②被災リスクポテンシャル

まず被災規模を推定することにより、そこから被災コストを推定する。今回は堤体のみの損傷、被災規模、被災コストは次の回帰式(3)、(4)によって与える<sup>2)</sup>。

$$\log_e Y = 5.790 + 0.1385 X_1 + 0.2746 X_2 + 0.8727 X_3 - 2.3643 X_4 \quad \dots (3)$$

ここに、Y：被災規模 ( $m^3$ )、 $X_1$ ：天端幅 (m)、 $X_2$ ：裏法高 (m)、 $X_3$ ：法構造(護岸あり/なし)、 $X_4$ ：河道状況(河川工作物あり/なし)

$$C = 5.9732 + 0.906912 Y \quad \dots (4)$$

ここにC：費用(昭和62年度当時額に換算したもの)(万円)

Y：被災規模 ( $m^3$ ) である。

被災確率と被災コストの積で表される期待値を被災リスクポテンシャルとして次式で定義する。

$$E_n = P_n \times C_n \quad \dots (5)$$

ここで、被災確率を $\Delta P_n$ だけ下げる改修工事費用を $R_n$ とすると、被災確率の低減によって被災リスクポテンシャルも $\Delta E_n$ だけ低くなる。この低減した被災リスクポテンシャルを $E_n'$  ( $= E_n - \Delta E_n$ ) とすると、総合期待値(総コスト)  $E_{tn}$ は次式で表され、 $E_{tn}$ が小さくなる。

$$E_{tn} = R_n + E_n' \quad \dots (6)$$

以上のように、改修工事前後の被災確率、被災コスト、改修工事費をグラフに表し改修工事の妥当性を評価する。

3. 過去の改修工事の評価 過去に行われた実際の工事のデータをもとにその改修工事の妥当性を検証する。本文では、二つの工事データをもとにそれぞれに対して評価を行った。そのA工事、B工事の当時の工事データを表-2、3に示す。そして、A工事、B工事のそれぞれの工事に対して式(2)、(4)を用い、改修工事前後の被災確率、被災コスト、被災リスクポテンシャル、および総合期待値を表-4、5に、そのときの変化を図-1、2に示す。

表-2 A工事の工事内容

工事事目的	改修(漏水対策)	
工事内容	築堤270m 堤脚保護工270m 堤脚水路270m	
工事費用	3820万円	
堤体断面	工事前	工事後
天端幅	5.8m	5.8m
余裕高	2.0m	2.0m
法勾配	表50% 裏40%	表50% 裏40%
小段幅	表4.0m 裏4.0m	表4.0m 裏5.5m
漏水状況	地盤漏水	漏水なし
天端舗装	アスファルト	アスファルト
河道状況	直線	直線
堤体土質	土砂	土砂

表-3 B工事の工事内容

工事事目的	改修(漏水対策) 堤防裏腹付	
工事内容	築堤 L=949m V=13030m <sup>3</sup>	
工事費用	6643.5万円	
堤体断面	工事前	工事後
天端幅	7.0m	7.0m
余裕高	2.0m	2.0m
法勾配	表50% 裏50%	表50% 裏50%
小段幅	表4.0m 裏4.0m	表4.0m 裏8.0m
漏水状況	地盤漏水	漏水なし
天端舗装	アスファルト	アスファルト
河道状況	凸岸部	凸岸部
堤体土質	土砂	土砂

表-1 被災確率モデルと被災規模回帰モデルのパラメーター

定数項	被災確率	被災規模
天端幅	-3.502 (2.637)	5.790 (32.908)
裏法高	0.742 (2.328)	0.1385 (2.1815)
漏水有	1.433 (2.643)	0.2746 (2.3889)
法構造(透水性あり/なし)		0.8727 (2.4630)
河道状況(河川工作物)		-2.3643 (2.3642)
堤体断面積	-0.014 (2.425)	
的中率	0.737	重相関係数 0.714

表-4 A工事に関する総合リスク評価の結果

	改修工事前	改修工事後
天端幅 (m)	5.80	5.80
裏法高 (m)	5.17	5.17
漏水の有無	あり	なし
法構造	透水性あり	透水性なし
堤体断面積 (m <sup>2</sup> )	95.27	95.27
被災規模 (m <sup>3</sup> )	7228	3020
被災コスト (万円)	6561	2744
被災確率 (%)	60.7	26.9
被災リスクポテンシャル (万円)	3983	738
総合期待値 (万円)	3983	4644
改修工事費	3,906万円 (S. 62年時換算)	

表-5 B工事に関する総合リスク評価の結果

	改修工事前	改修工事後
天端幅 (m)	7.00	7.00
裏法高 (m)	9.90	9.90
漏水の有無	あり	なし
法構造	透水性あり	透水性あり
堤体断面積 (m <sup>2</sup> )	343.51	367.24
被災規模 (m <sup>3</sup> )	31280	31280
被災コスト (万円)	28374	28374
被災確率 (%)	61.5	21.5
被災リスクポテンシャル (万円)	17450	6100
総合期待値 (万円)	17450	8750
改修工事費	2,650万円 (S. 62年時換算)	

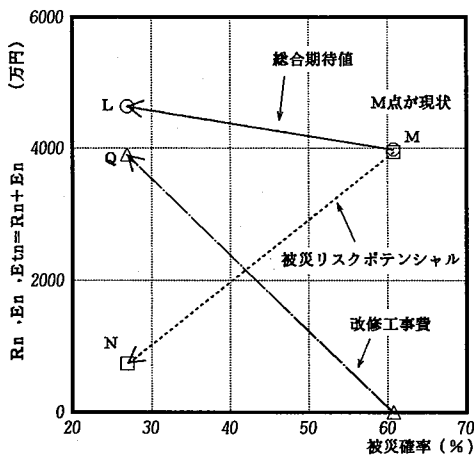


図-1 A工事に関する総合期待値の変化

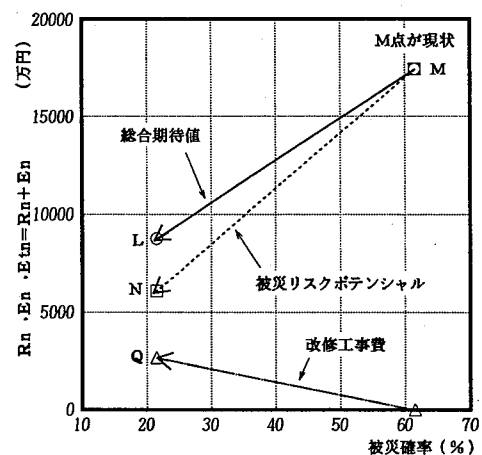


図-2 B工事に関する総合期待値の変化

A工事では、改修工事を行うことにより被災確率が60.7%から26.9%に、被災コストも6561万円から2744万円に低減しており、したがって被災リスクポテンシャルも低減されている。しかし、改修工事費が3906万円かかっているため総合期待値が改修工事前のそれよりも高くなってしまいう結果となっている。一方、B工事についてみると改修工事後の総合期待値は低減しており、被害を堤体の損傷のみに限定した場合、このB工事は、妥当であると判断できる。この二つの結果から漏水防止工事を行うことで大幅な被災確率および被災コストの低減が期待できることがわかる。総合期待値が増加してしまうA工事は、工事の内容からわかるように工事費用がかなりかかり、合理的な工事であると判断できない。しかし、本報告では先に述べたように、被害を堤体の損傷のみに限定しているため、人命および社会経済に関する被害をも考慮した場合には、M、N点での被災コストが高くなり、被災リスクポテンシャルの減少（MとN点のポテンシャルの差）は改修工事費の増加に比べて大きいことが推察される。したがって、そうした被害を考慮した場合には、A工事は適切であると評価されることは明かである。このことからB工事は適切な工事と容易に評価し得るが、A工事のような総合期待値が増加する場合、特に工事施工後の被災リスクポテンシャルの減少が少ないものについては被害の内容、コストのカウンタが大切になることがいえる。また、天端幅を何mに拡張するか等の工事の適正量について判断する場合も同様なことがいえる。

#### 4. あとがき 被災確率モデルによる過去の工事例の評価を行った結果、次のことが得られた。

- (1) B工事は適切であると評価されたが、A工事は被害を堤体の損傷のみに限定した場合は適切とは評価できない。しかし、人命、社会経済的被害をも考慮した場合には適切であると評価されることが推察された。
- (2) 改修工事による被災リスクポテンシャルの減少が少ない、すなわち被災確率の低下が小さい場合、また工事量の適正量の評価を行う場合には、人命、社会経済的被害をも考慮する必要があることがわかった。

【参考文献】1) 宇野・森杉・杉井：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，第400号/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回土質工学会シンポジウム発表論文集，pp. 189-194, 1989.