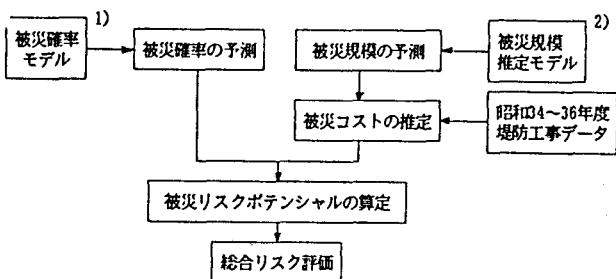


河川堤防の被災確率モデルによるリスク評価

岐阜大学工学部 正 員 宇野尚雄
 岐阜大学工学部 正 員 杉井俊夫
 岐阜大学工学部 学生員 ○正田次克

1. まえがき

本研究は、筆者らが提案してきた被災確率モデルを用い¹⁾、河川堤防の総合リスク評価（社会経済的評価を含む）手法の確立を目的とするものであり、その試みとして堤体の被害に限定し、その適用について検討した結果を報告する。



2. 河川堤防の総合リスク評価

図-1 総合リスク評価のフロー

ここに河川堤防の総合リスク評価とは、力学的な「安定性」と社会経済的「安全性」を同時に考えた評価を示す。本報告では、破堤に至らない状態で、堤防の損傷のみを被害とし検討を行った。前者の「安定性」は被災確率モデルによる被災確率を、「安全性」については堤体被災規模回復モデルおよび被災コスト（今回は修復工事費）変換式[4]を用い算定後、後述する被災リスクポテンシャルを求めた。その手順を図-1に示す。

1) 被災確率モデルの概要¹⁾

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 は次式で表せる。

$$P_n = \frac{1}{1 + \exp(-\sum_k \theta_k X_{nk})} \quad [1]$$

ここに、 X_{nk} は堤防の特性要因（天端幅、法高、…）、 θ_k は未知のパラメーターで最尤法により推定される。

2) 被災規模の予測²⁾

堤防の被災規模を定量的に評価するために次のように定義した。

$$\text{被災規模} = (\text{堤体断面積}) \times (\text{被災断面割合}) \times (\text{被災延長}) \quad [2]$$

ここに、被災断面割合：堤体断面積に対する欠壊部の割合、被災延長：堤防が被災した堤防延長方向の長さ

したがって被災規模とは被災の大きさを、洪水時に堤防が失った土砂の体積と考える。(30) 30.5/ (29) 13.6 38.9 (15) 59.5 (14) (28) 7.3 (27) 9.4 33.7 (13) 56.4 (12) (26) 21.1 (25) 31.8 (24) 8.8 (23) 42.1 (22) 71.8 (21) 71.0 (20) 42.0 (19) 28.3 (18) 49.6 (17) 39.1 (16) 20.3 (15) 35.0 (1) 38.1 (2) 17.1 (3) 25.6 (5) 28.8 (6) 57.6 (8) 62.4 (7) 20.0 28.0 (10) 12.3 (11) () 内は堤防番号 () 外は被災確率 (%) — は橋梁

因で説明する回帰式を以下のように仮定した。

$$\ln Y = \sum \alpha_n X_n = \alpha_0 X_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 \dots [3]$$

[3]式により求められる被災規模の箇所を修復する費用の推定を行う。

3) 被災コスト（修復工事費）の推定

昭和34～36年度の築堤工事における工事量（築堤体積、護岸は除く）及び工事費のデータから、工事量 Y に対する工事費 C （昭和62年換算額、単位万円）の回帰を行い、次式を仮定した。

$$C = 5.39732 + 0.906912Y \quad [4]$$

[4]式の Y に[3]式で求められる被災規模を代入して、修復費用が得られる。

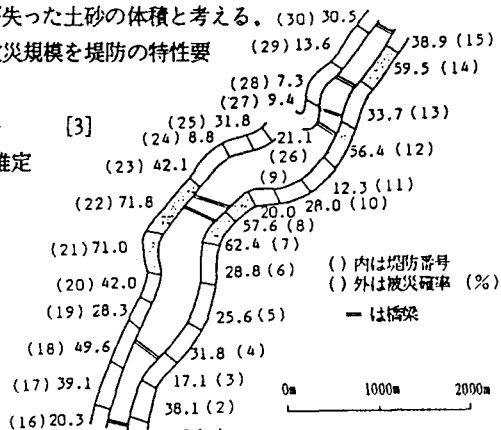


図-2 伊自良川堤防における堤防番号と被災確率

4) 被災リスクポテンシャル¹⁾

被災確率モデルにより与えられる被災確率Pと損失額すなわち工事費用Cとの積を被災リスクポテンシャルEとして表す。

$$E = P \times C \quad [5]$$

この被災リスクポテンシャルが小さいほど安全性が高く、逆に大きいほど安全性が低いと判断することができ、危険箇所の相対的評価が可能であると考えられる。

3. 適用事例

伊自良川堤防(0.0km~6.0km区間、51年時データ)を図-2のように400m間隔で区切り、30個の堤防断面を考え、この堤防の相対的評価を行う。

被災規模の予測式は表-1²⁾より次式で表される。 X_1, X_2, X_3, X_4 はそれぞれ天端幅、裏法高、天端舗装、河道状況のデータを代入する。

$$\ln Y = 5.790 + 0.1385 X_1 + 0.2746 X_2 + 0.8727 X_3 - 2.3643 X_4 \quad [6]$$

各堤防の被災確率と、工事費との積で求められる被災リスクポテンシャルを図-3に示した。

図-3の結果を図-4に示す堤防の力学的な「安定性」と社会経済的「安全性」の概念的評価に基づいてみると、(24)(27)(28)などは①「安定かつ安全である」堤防、(17)は②「安定かつ安全でない」堤防、(22)は③「不安定かつ安全である」堤防、(21)は④「不安定かつ安全でない」堤防があてはまる。

(21)、(22)はともに被災確率が70%を超えているが、(22)の場合は被災したときの損失は小さく安全性は高いといえる。この地点では橋梁があり、他よりも強固な堤防と式[6]で予測されることによる。一方、(17)は被災確率は39.1%で、力学的には比較的安定であるといえるが、被災した場合、その規模は大きく、最も危険な堤防であると相対的に評価されよう。

4. あとがき

以上、堤防の安全性評価の1つとして、堤防自体の被害を考えることによりその相対的評価を試みた。今後は一般資産、農作物等の被害に対する安全性評価を行い、実被害との検証、さらに堤防の改修判断法について検討していく考えである。

【参考文献】

- 1) 宇野尚雄・森杉壽芳・杉井俊夫・中野雄治：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) 宇野尚雄・森杉壽芳・杉井俊夫・岡田憲治・北村拓也：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、Ⅱ-9、PP.189-194、1989。

表-1 被災確率モデルと被災規模
回復モデルのパラメータ

	被災確率	被災規模
定数項	-3.502 (2.637)	5.790 (32.908)
天端幅	—	0.1385 (2.1815)
裏法高	0.742 (2.328)	0.2746 (2.3899)
堤体土質 $c/(\gamma H)$	—	—
漏水有	1.433 (2.643)	—
流下能力	—	—
被災時流量	—	—
法構造(透水性/なし)	—	—
天端舗装 (あり)	—	0.8727 (2.4630)
河道状況 (凸岸部)	—	—
河道状況 (凹岸部)	—	—
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	重相関係数
	0.737	0.714

()内はt値

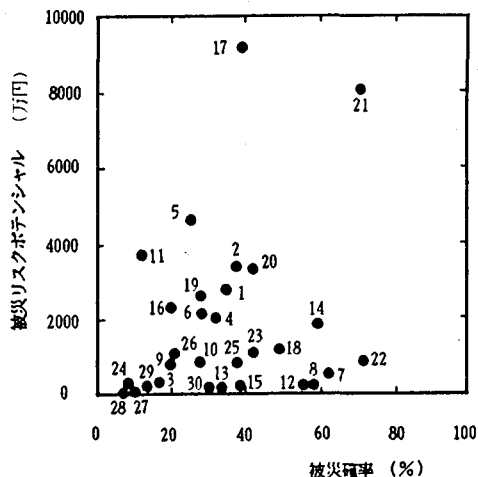


図-3 被災確率と被災リスクポテンシャルとの関係

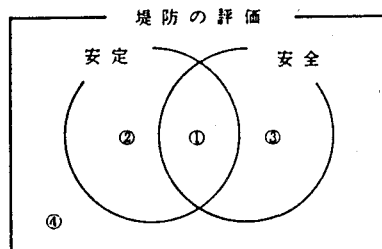


図-4 堤防の概念的評価