

豪雨時におけるため池の破堤リスクに関する簡易評価 Simplified Method for Estimating Risks of Earth-dam Breaches due to Heavy Rains

○立石翼*, 西村伸一*, 柴田俊文*, 平田竜也**,
黒田修一***, 加藤智雄***, 栗林健太郎***, 棚谷南海彦***
Tsubasa Tateishi*, Shin-ichi Nishimura*, Toshifumi Shibata*, Ryuya Hirata**,
Shuichi Kuroda***, Tomoo Kato***, Kentaro Kuribayashi*** and Namihiko Tanaya***

1. はじめに

Table 1 ため池諸元 Summary of earth-dam sites

近年では国内各地で豪雨が頻発しており、ため池に対してはこれによる被害を防止するための対策が喫緊の課題となっている。しかし、ため池は対象数が多いため、簡便に破堤リスク評価を行うことが求められている。本研究では、水間ら¹⁾によってため池の破堤リスク評価に対する有効性が実証されてきた応答曲面法を被害額算出に導入し、広島県内のため池 10 か所 (Table 1) に対して簡易リスク評価を行うことを目的としている。

ため池	堤高 (m)	総貯水量(m ³)	流域面積(km ²)	洪水吐流下能力(m ³ /s)	流域土地利用状況
A	10.0	66,210	0.32	1.96	市街地
B	9.0	155,400	0.2	2.85	市街地
C	26.0	255,000	2.5	25.4	森林
D	5.5	21,600	0.72	(不明)	森林
E	9.3	49,600	0.193	3.04	森林
F	6.3	13,700	0.709	0.23	森林
G	4.7	1,019	0.23	11.3	森林
H	9.1	6,040	0.54	11.45	森林
I	9.9	27,868	0.03	23.27	ゴルフ場
J	6.5	3,100	0.01	3.0	市街地

2. 破堤リスクの算出

本研究では、ため池の破堤が発生する確率と破堤時における下流側の想定被害額の積を破堤リスクとして算出する。

ため池の破堤確率算出には、越流とすべり破壊の 2 つを考慮する。

越流については、洪水時のピーク流量 Q_{in} (m³/s) が洪水吐の設計洪水流量 Q_s (m³/s) を上回る場合に破堤が発生するものとする。 Q_{in} および Q_s の算出には、式[1], [2]を用いる。

$$Q_{in} = 1/3.6 \cdot r_e \cdot A \quad \dots [1] \quad \Bigg| \quad Q_s = C_d \cdot B_e \cdot h_s^{3/2} \quad \dots [2]$$

ただし、式[2]では矩形断面の洪水吐を考慮しており、 $r_e (= f_p \cdot r)$: 有効降雨強度(mm/h), f_p : ピーク流出係数, r : 降雨強度(mm/h), A : 流域面積(km²), C_d : 設計流量係数, B_e : 洪水吐における堰の有効幅(m), h_s : 洪水吐からの流出の越流水深(m)である。

また、すべり破壊については、フェレニウス法により安全率 F_s を算出し、これが 1 を下回る場合に破堤が発生するものとする。

以上より、 $Q_{in} > Q_s$ および $F_s < 1$ となる確率降雨年の逆数を破堤確率とする。ただし、再現期間は最大 400 年とし、再現期間が 400 年の豪雨に対して破堤しないと判断された場合は、これを超えない破堤確率として 1/400 を設定する。

破堤時における下流側の想定被害額算出には、水間ら¹⁾による方法を採用する。具体的には、氾濫解析から得られる各セルの最大浸水深、土地利用種別および対象地域の

所属：岡山大学大学院環境生命科学研究科 Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama Univ.*, 山口県庁 Yamaguchi Prefecture**, 株式会社エイト日本技術開発 Eight-Japan Engineering Consultants Inc.***, キーワード：ため池, 破堤リスク, 簡易評価

資産データから被害額を算出する．例として，Fig. 1 にため池 D の解析結果を示す．

3. 応答曲面の作成

厳密に被害額を算出する詳細解析に対して，簡便にこれを行うのが応答曲面である．水間ら¹⁾を参照し，応答曲面を決定する支配パラメータとして，次の 5 つを採用する．

- a) ため池の有効貯水量
- c) 主たる氾濫流路の勾配の中央値
- e) 利用可能区域 1km² 当たりの世帯数
- f) 利用可能区域 1km² 当たりの従業者数
- i) 洪水域における家屋や作業所の標高の中央値と流出点標高との比

ここで，流域がゴルフ場であるため被害額の算出が困難なため池 I を除いた 9 か所のため池を対象に，各パラメータにばらつきを与えることで 18 の解析パターンを追加した計 27 ケースの氾濫被害解析を行い，被害額 C_f (円) を算出する応答曲面を作成する．

4. 解析結果

- (1) Table 1 に示したため池 10 か所に円弧すべり解析を行った結果，ため池 I のみが安全率 1 を下回った．一方，ため池 A～F では，越流による破堤が想定される結果となった．これにより，破堤の支配要因は越流であるということが判明した．
- (2) 氾濫被害解析の結果，被害額を算出する応答曲面として式[3]が得られた．

$$C_f = 326 \times a + 3.947 \times 10^6 \times c + 26,788 \times e - 24,881 \times f - 4.153 \times 10^7 \times i \quad \dots [3]$$

- (3) 詳細解析および応答曲面によるリスク評価の比較を Table 2 に示す．両者のリスク値を比較すると，差が生じており，精度の良い応答曲面が作成できたとは言いがたい．一方，リスク順位を比較すると，リスクが上位のため池は比較的一致する結果となった．

5. まとめ

10 か所のため池を対象に，豪雨時の越流破堤とすべり破壊に対するリスク評価を行った．本研究では，簡便なリスク評価手法として応答曲面法を提案している．結果として，応答曲面によるリスク値と詳細解析によるそれとの間には差が生じたものの，順位傾向は類似するものとなった．応答曲面は計算コストを大幅に削減できるため，広域に多数存在するため池群に適用することが可能である．よって，対策を行うべきため池の優先順位付けに対しては，応答局面によるリスク評価の実用化が期待される．

参考文献

- 1) 水間啓慈・西村伸一・柴田俊文・珠玖隆行：応答曲面法 によるため池破堤リスクの簡易評価，農業農村工学会 論文集，Vol.84, No.1, pp. I_47～I_55, 2016.

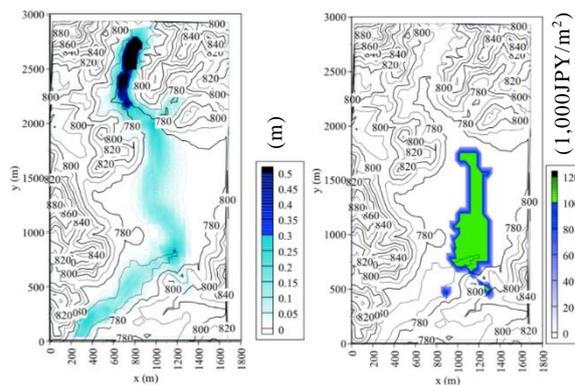


Fig. 1 最大浸水深および想定被害額の分布例
Distribution of flood and damage around Site D

Table 2 ため池の破堤リスクおよび順位

Breach risks and their rankings

ため池	詳細解析		応答曲面	
	リスク (百万円)	順位	リスク (百万円)	順位
A	1,167	2	2,446	2
B	373	3	1,097	3
C	1,850	1	7,265	1
D	348	4	203	5
E	0.2	9	44	8
F	34	7	-2,225	9
G	23	8	254	4
H	136	5	181	6
J	57	6	116	7