

ため池に付随した補助的施設による減災効果の 検討

浦場 一之

近畿農政局 整備部 防災課 (〒602-8054京都市上京区西洞院通下長者町下ル丁子風呂町)

災害の発生リスクの低減を図るべく、ため池等の農業用施設においては、全面的な改修整備により被害の発生を防ぐこれまでの「防災」と併せ、災害が発生した場合でも被害を最小化する「減災」の考え方に基づき、ハード、ソフト一体となった総合的な災害対策の推進が重要とされている。

本報告ではこの「減災」に着目し、ため池に補助的施設（ゲート、放水路）を設置した場合の減災効果を検証した。検証はため池の供用50年間について、補助的施設の「ありせば」と「なかりせば」についてそれぞれが有するライフサイクルコストを用いて試算を行い、減災効果の定量的な算定を試みた。

キーワード ため池，減災，効果，ライフサイクルコスト

1. はじめに

近年、記録的な集中豪雨、地震等による洪水や地すべりなど、大規模な災害が頻発化、甚大化しており、大きな社会問題となっている。このような中、災害の発生リスクの低減を図るべく、これまで以上に農地、農業用施設の被害を最小限に食い止める対策を実施する必要性が生じている。しかしながら、近年の国や地方公共団体の財政の逼迫による事業実施量の減少等により、全ての対象施設に対策を実施するのは困難となってきている。例えば、農村振興局の調査では早急な対策が必要とされるため池は2,247箇所¹⁾と報告されており、従来の全面改修を基本とした工法・対策では多大な経費と期間を要し、毎年発生する豪雨や地震に対して適切に対応できる状況にはない。このため、施設整備により被害の発生を防ぐこれまでの「防災」と併せ、災害が発生した場合でも被害を最小化する「減災」の考え方に基づき、ハード、ソフト一体となった総合的な災害対策の推進が重要である²⁾。農林水産省においても平成21年度から平成25年度かけて、従来のハード整備による防災対策の推進に加え、ハード整備の効率的展開、ソフト施策の推進、地域とのつながりを重視した対策等、総合的な減災対策の検討を進めることとしている。

このような状況を踏まえ、本報告では農業用施設の減災に資するハードの対策に着目し、補助的・簡易的な施設整備に関し減災効果の検討を行っているもののうち、ため池に付随した施設の事例について報告する。

2. 検討方針

(1) 減災に資する補助的な施設の定義

減災に資する補助的な施設の定義として、ため池・水路等の本体農業用施設に付随した補助的かつ比較的簡易なもの、あるいは創意工夫により災害の被害軽減を図っている施設（以下、「減災補助的施設」という。）とした。

(2) 検討方針

減災効果の検討には、減災補助的施設の「ありせば」と「なかりせば」について、それぞれが有するリスクに着目し、ライフサイクルコスト（以下「LCC」という。）を用いて試算を行い、減災効果の定量的な算定を試みた。

3. ため池減災補助的施設に関する減災効果の検討

以下にため池（A池）に設置されている減災補助的施設に関する減災効果の検討事例を示す。

(1) 施設の概要と検討方法

ため池が決壊する原因の一つとして、堤体越流による破堤が挙げられる。A池は比較的都市部に位置し、下流に民家が存在することもあり、堤体越流による決壊のリスクを低減する目的で、上流水路に調整施設（転倒ゲート）及び放水路を設け、ため池への洪水量を抑制する減

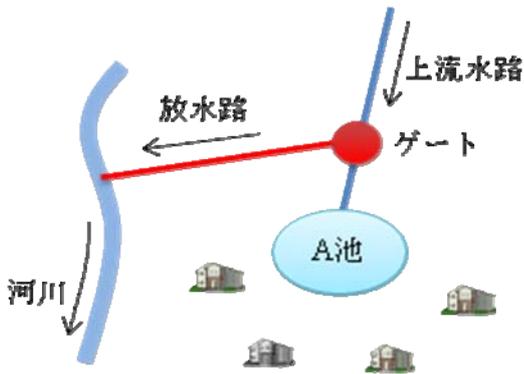


図-1 A池減災対策概要図

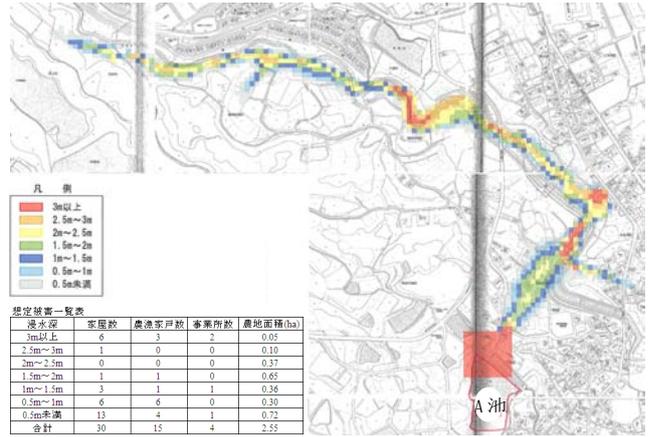


図-2 A池想定被害範囲図

災対策が行われている。

具体的には、図-1に示すような水の流れとなっており、写真-1に示すように、通常はため池に向かって水が流れているが、大雨により水路の水位が上昇すると、フロートにより水位を感知して（写真-2）自動でゲートが転倒し、放水路を介して河川に放流する。

減災効果の検討に当たっては、大雨時に本ゲートにより上流水路からの流入をカットした場合としない場合の

流入量の違いによる越流決壊のリスクを算定し、ゲート設置の減災効果の算定を試みる。なお、越流が一旦生じると決壊に至るものと仮定する。

(2) 被害額の算定

減災効果の算定に際しては、その施設が被災したときの想定被害額を算出する必要がある。下流の想定被害範囲や被害額の資料は施設管理者が有している場合もあるが、ここでは資料が得られない場合の算出方法を示す。算出に当たっては谷らの論文³⁾を参考とした。また越流決壊に伴う想定被害額は、堤体損傷額と下流被害額の和とする。

a) 想定被害範囲の設定

A池については「ため池DBハザードマップ」の氾濫解析システムを利用して想定被害範囲図を作成した。図-2にA池の想定被害範囲を住宅地図に記したものを示す。

「ため池DBハザードマップ」は農村工学研究所が開発した簡便な解析システムであり、ため池の位置、満水面積、貯水量、及び周辺の地形図、標高データ等からため池決壊時の流出計算を行い、下流域の浸水深、浸水時間等を簡易的に求めることが出来る。また数値地図、標高データについては国土地理院のホームページより、それぞれ2万5千分の1、10mのメッシュデータが入手可能であり、本解析でもそれを用いている。この解析結果はシェープファイルとして保存され、一般の汎用GISソフトでも利用が可能となっている。

b) 下流被害額の算出

下流被害額算定にあたっては、図-2で得られた想定被害範囲（浸水範囲）において、メッシュ毎に家屋数や農地面積を取得し、治水経済調査マニュアル（案）（国土交通省河川局 H17.4）を参考に、資産額に最大浸水深により決まる被害率を乗じたもので評価を行う。

c) 堤体損傷額の算出

堤体損傷額については洪水流出により想定される決壊

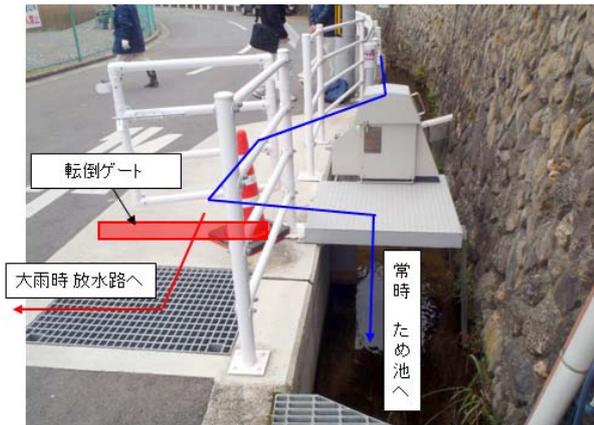


写真-1 自動転倒ゲート



写真-2 水位感知部

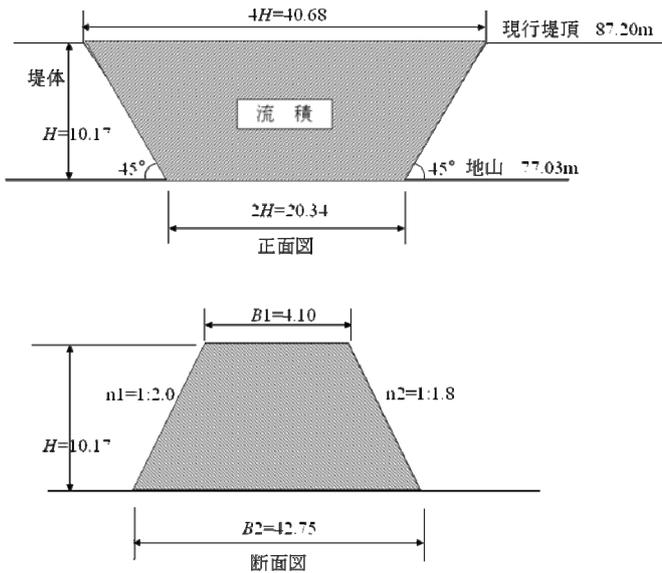


図-3 決壊箇所の流積

箇所の流積より算出する(図-3)。ここでは、決壊部土量:

$$\frac{B1 + B2}{2} \times H \times \frac{4H + 2H}{2} = 7,268 \text{ m}^3$$

堤体復旧費用:

決壊部土量×5,000円/m³(事例単価)=36,340,000円となる。

なお流積箇所の断面形状は「農地防災事業便覧」⁴⁾を参考としている。

(3) 年最大降雨量の確率モデル

本検討では降雨を確率現象とみなし、西村らの論文⁵⁾を参考に年最大降雨量の確率分布関数として、極値統計モデルの一つであるGumbel分布を用いる。

図-4は、A池のあるS市における過去35年間の降雨データを使用し、24時間及び1時間の降雨強度の年最大値をGumbel分布に適合させた場合の確率分布を示している。

(4) 越流確率の計算

まず、前項の確率値に対応した降雨強度を求め、それに対応するため池の貯留効果を考慮して設計高水位を算定する。計算方法は設計指針「ため池整備」に記載されている貯留効果の計算例⁶⁾に準拠して行った。

また、本検討では設計高水位+波の打ち上げ高が堤体天端を越えたら越流すると見なすこととし、A池については設計指針「ため池整備」⁷⁾より波の打ち上げ高L=0.55mとした。

以上の計算結果を図-5に示す。ここで限界水位=堤頂標高(EL87.2)-波の打ち上げ高L(0.55)=EL86.65とし、洪水時の上流からの流入量を水路の流下能力Q=1.12m³/s

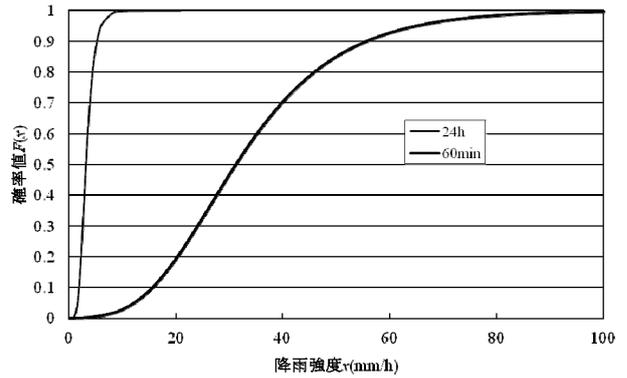


図-4 年最大降雨強度分布 (S市 35年間)

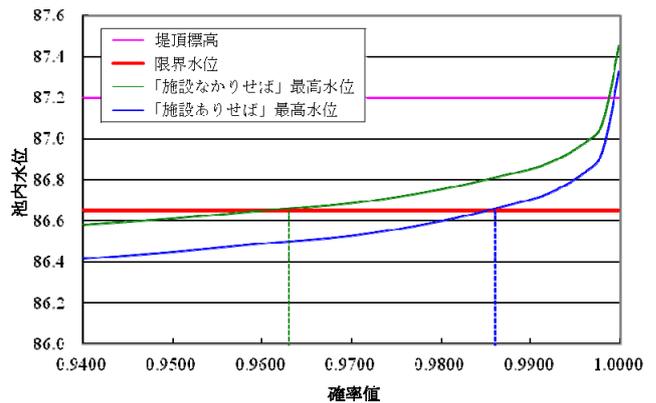


図-5 越流確率計算結果

とする。

図-5より上流水路からの流入をカットしなかった場合に最高水位が限界水位を超えることのない確率値は0.963であり、このとき堤体を越流する超過確率は

$$p=1-0.963=0.037 \text{ (27年確率に相当)}$$

となる。一方上流水路からの流入をカットした場合に最高水位が限界水位を超えることのない確率値は0.986であり、このとき堤防を越流する超過確率は

$$p'=1-0.986=0.014 \text{ (71年確率に相当)}$$

となる。

(5) LCCIによる効果の算定

A池の上流水路からの流入のカット有り、無しでの減災効果の算定を、堀らの論文⁸⁾を参考に、供用50年間のLCCを用いて試みる。一度決壊した後は築堤しなおされるため、再び決壊することはないと仮定すると、供用N年の間に想定されるリスク額R(N)は、以下のように表される。

$$R(N) = \sum_{i=1}^N \{ p(1-p)^{N-i} \cdot C \} \quad (1)$$

ここで、R: ため池決壊のリスク額、p: 決壊確率、C: 合計被害額である。なお、式(1)は、(N-1)年までは破壊せず、N年目に破壊する条件付き確率である。また、減災対策を考慮したLCCは次式で表される。

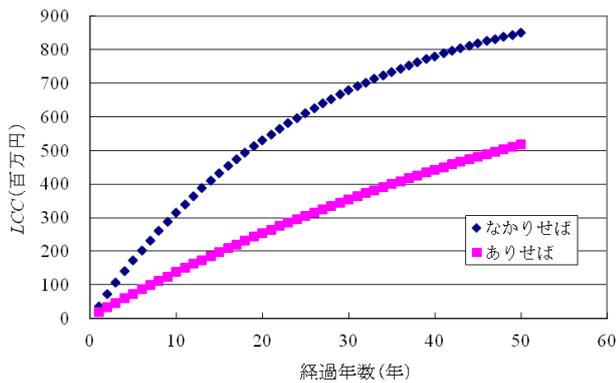


図-6 A池の減災対策の有無とLCCの関係

$$LCC = \text{初期対策費} CI + \text{ランニングコスト} CM \cdot N + R(N) \quad (2)$$

ここで、 CI ：減災対策を施すときの初期対策費用、 CM ：対策の効果を維持するために必要となる年平均維持管理費用(円/年)である。

A池については下流被害額：9億7,000万円、決壊後の復旧に掛かる費用(堤体損傷額)：3,600万円、初期対策費用：440万円、補助的施設に係る維持管理費用：15万円/年となる。ここで初期対策費用は分水柵及び転倒ゲート建設費とし、維持管理費用は施設の更新費用を見込んでいる。

供用1年目のLCCを式(1)、(2)を用いて算定すると以下のようなになる。

「なかりせばLCC」

$$= p \times C = 0.037 \times (970,000,000 + 36,000,000) \div 37 \text{ (百万円)}$$

「ありせばLCC」 $= CI + CM \cdot N + p' \times C$

$$= 4,400,000 + 150,000 \times 1 + 0.014 \times (970,000,000 + 36,000,000)$$

$$\div 19 \text{ (百万円)}$$

同様に供用50年当たりのLCCを求めてグラフ化すると図-6のとおりとなる。供用を重ねると費用が増加し、「なかりせば」と「ありせば」の差が広がることがわかる。

また供用50年目のLCCは、

「なかりせばLCC」 $\div 853$ (百万円)

「ありせばLCC」 $\div 521$ (百万円)

となり、減災効果は、「なかりせばLCC」 \div 「ありせばLCC」 $= 1.6$ となる。

4. 考察

今回、ため池に付随した減災に資する補助的な施設について、施設の「ありせば」と「なかりせば」それぞれが有するリスクに着目してLCCを用いて試算を行い、減災効果の定量的な算定を試みた。50年目の減災効果については1.0以上となり、定量的に効果を示すことができ

た。本事例の減災補助的施設については、設置費用はやや高価であり、放水路の設置についても別途検討が必要となるが、大雨時の特段の操作等は不要となっている。

この他にも堰板等を用いたより安価な対策事例や、取水ゲートの遠隔操作により減災を図っている事例等、ソフトと組み合わせて減災の効力を発揮するような事例等についても検討を進めているが、どの減災補助的施設がより効果的となるかは、本体施設の諸元や周辺状況、管理体制などにより異なると考えられる。

5. おわりに

地方公共団体や施設管理者は、所管する農業用施設に慢性的な災害発生リスクを抱えており、限られた予算の中で様々な創意工夫を凝らして被災リスクの低減、すなわち減災を試みていると予想される。しかしながら、そういった個々の補助的・簡易的な施設や創意工夫の取り組みは広く共有されておらず、減災効果の算定等もされていない可能性が高い。今後は現在調査・検討中のもも含め、これらを手引き書のような形で体系的に整理し、ため池・水路等の農業用施設の減災に資するものにしていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局防災課：平成 17 年度ため池緊急点検・緊急整備計画報告書, pp.80-90, 2006
- 2) 農林水産省農村振興局：土地改良長期計画中間とりまとめ(平成 23 年 11 月), p.10, 2011
- 3) 谷 茂・井上敬資：氾濫解析を用いたため池決壊に伴う下流域の被害算定法, 農村工学研究技報 210, pp.137-144, 2010
- 4) 農地防災事業研究会：農地防災事業便覧 平成10年度版, pp.256-257, 1999
- 5) 西村伸一・森俊輔・藤澤和謙・村上 章：豪雨時の越流破堤に対するため池堤体の信頼性設計, 応用力学論文集 Vol.12, pp.89-97, 2009
- 6) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計指針「ため池整備」, pp.133-143, 2008
- 7) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計指針「ため池整備」, p.45, 2008
- 8) 堀 俊和・毛利栄征・松島健一・有吉 充：豪雨リスクを考慮したため池の減災対策, 農村工学会誌第 78 巻第 9 号, pp.15-19, 20