

ため池下流域の浸水想定における微地形とハイドログラフの影響について

ニタコンサルタント(株)

○三好 学, 安芸 浩資, 金谷 安洋

(国研)農業・食品産業技術総合研究機構

正田 大輔

1. はじめに

東日本大震災(2011年3月11日)の地震発生直後、福島県須賀川市江花に建設された灌漑用の藤沼ダムが決壊し、約150万tの水が流出したり。そのため、農業用ため池が決壊した場合の水害の範囲を示す「浸水想定区域図」を基にしたハザードマップを作成し、地域住民にため池が決壊した場合の危険性の周知を図ることが急務となっている。そこで本稿では、ある灌漑目的で建設された農業用ため池(貯水量:934,733m³, 堤高20.09m)が決壊した場合の浸水状況を氾濫解析により把握するため、2つの検討を行う。1つ目は、対象とした農業用ため池の下流域は区画整理のされた水田が広がる田園地帯であり、氾濫水の一部は水田に貯留することが想定されるため、畦畔による氾濫水の貯留効果を考慮した氾濫解析の実施による、浸水区域への畦畔の影響についての検討である。2つ目は、農業用ため池の破堤流量を求める種々の算定式が考案されているため、3種類のハイドログラフを外力とした氾濫解析結果を比較することによるハイドログラフの影響についての検討である。

2. 解析方法

(1) 氾濫解析モデル

本稿では解析コードX-Okabe(商品名:ため池氾濫ソフトSIPOND)を使用した²⁾。本解析コードでは、地表面、排水路、下水路の3個のサブモデルを図-1のように結合することにより、氾濫モデルが構築されている。今回モデルは、地表面モデルにため池破堤箇所からの流入量を考慮できるように機能追加したものである。また、排水路網、雨水排水用下水路網、水門・樋門、排水機場、道路盛土等の遮水帯など、実在する内水排水関連施設の効果を考慮することが可能である。地表面の流れの数値計算では、基礎式を空間的にはスタガード・構造格子について陽的に差分化し、時間的にはleap-frog法により、数値解析する。また本稿は、ため池の破堤による氾濫解析を対象としており、短時間で氾濫水が流下するため、地表面への浸透は考慮していない。

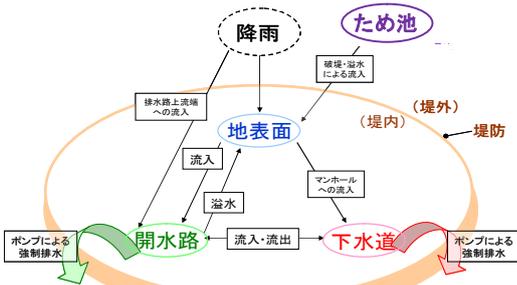


図-1 氾濫解析モデルの構成

(2) 畦畔による貯留効果

本稿で対象とした農業用ため池の下流域は区画整理のされた水田が広がる田園地帯であり、氾濫水の一部は水田に貯留することが想定される。そこで、水田が存在するメッシュの境界に畦畔にみたてた仮定の遮水帯を設けることにより(図-2)、畦畔による貯留効果を考慮することとした。梅雨時期中、水田に0.10m程度の貯水があるうえに、ため池が満水となるため、梅雨時期が1年間でもっとも浸水の危険度が高いと考えられる。一方、畦畔高は、0.30mが標準とされている³⁾。これらから、1年間でもっとも浸水の危険度が高い時期における実質的な畦畔高は、標準畦畔高(0.30m)から既貯水量(0.10m)を引いた0.20mであると考えられる。そのため、本稿での畦畔高を0.20mとした。

(3) 破堤流量の設定

本稿で、ハイドログラフの影響において比較をするのは、Costa式⁴⁾とFroehlich式⁵⁾、土地改良事業費用対効果算定手法の式⁶⁾である。これらにより最大流量を求め、流量の時間変化については以下①~③のように設定した。破堤総流量はため池の貯水量である934,733m³とした。3ケースの破堤流量の時間変化を図-3に示す。

- ① Costa 式・・・瞬時決壊を想定し、最大流出を解析開始時刻とする指数減衰型流出とした。
- ② Froehlich 式・・・最大流出時刻は破堤継続時間の中央とし、ハイドログラフは二等辺三角形とした。
- ③ 土地改良事業費用対効果算定手法の式・・・瞬時決壊を想定し、最大流出を解析開始時刻とした。ハイドログラフは直角三角形とした。

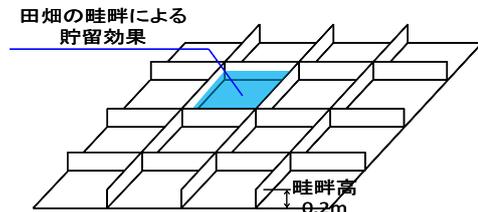


図-2 畦畔にみたてた遮水帯の概念

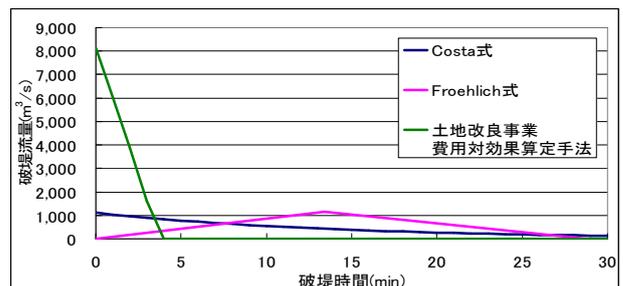


図-3 破堤流量の時間変化

3. 解析結果と考察

(1) 畦畔の影響

破堤開始から2時間30分後までの浸水状況を図-4に示す。貯留効果を考慮しない場合は破堤開始2時間で氾濫水の大部分が水田に貯留することなく流下する。それに対して、貯留効果を考慮する場合は、破堤開始2時間以降も水田に0.20~0.50mの湛水が貯留していることがわかる。一方、貯留効果を考慮する場合は破堤開始2~3時間に対象領域内における氾濫水の移動は軽微であった。その間の対象領域内における総湛水量は約543,000m³であり、これはため池貯水量の58%であった。この水量が計算対象領域内に存在する畦畔(高さ0.20m)による貯留効果である。そのため、浸水想定区域を検討するにあたっては、畦畔高は無視できないものと考えられる。

本稿の氾濫解析では、農林水産省の設計指針⁴⁾と既貯水量から、畦畔高を推定したが、現地への適用性を更なる高めるため、畦畔高による影響について検討をすることが必要であると考えられる。

(2) ハイドログラフの影響

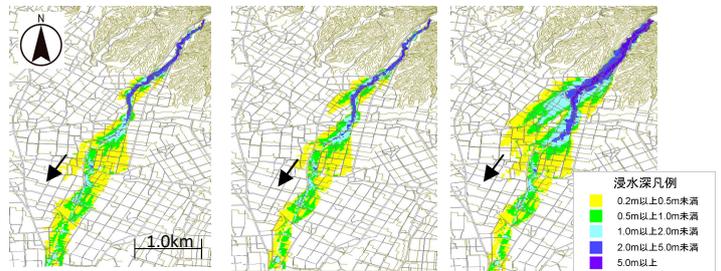
Costa式を用いた解析結果の最大浸水深分布を図-5(左)に、Froehlich式を用いた場合を図-5(中央)に、土地改良事業費用対効果算定手法の式を用いた場合を図-5(右)に示す。また3ケースの浸水面積、浸水深、流速、流体力および到達時間の比較を表-1に示す。表-1では、領域全体をみるため、3ケースのうち最も浸水面積の広い土地改良事業費用対効果算定手法を用いた場合の浸水面積である3.42km²の空間的平均を取っている。

Costa式とFroehlich式を比較すると、Froehlich式の方が浸水面積、浸水深、流速、流体力および到達時間についての危険性が低い。これは、Froehlich式がCosta式より最大流出時刻が遅いことが要因と考えられる。Costa式と土地改良事業費用対効果算定手法の式を比較すると、浸水面積、浸水深、流速、流体力および到達時間について土地改良事業費用対効果算定手法の式の危険性が高い。これは、土地改良事業費用対効果算定手法の式の方の最大流出量が多いことが要因と考えられる。また、領域全体と局所的な浸水深、流速、流体力および到達時間を比較すると、土地改良事業費用対効果算定手法の式、Costa式、Froehlich式の順に、危険性が高い傾向あり、

3ケースにおける領域全体と局所的な浸水危険性の傾向は概ね一致している。浸水面積、浸水深、流速、流体力および到達時間の順位の合計をみると、土地改良事業費用対効果算定手法の式、Costa式、Froehlich式の順序で危険性が高くなるのがわかる。最大流出量はこの順序で大きくなり、また最大流出量時刻もこの順序で速くなる。そのため、総流出量が同量である場合に、浸水危険性を大きくする要因は、最大流出量と最大流出量時刻であると考えられる。

表-1 3ケースの比較

		Costa式	Froehlich式	土地改良事業費用対効果算定手法	備考
領域全体	浸水面積 (km ²)	2.92	2.87	3.42	①>浸水深0.20m以上の面積
	順位	2	3	1	②=①の順位(大きい方が危険)
	最大浸水深分布の空間的平均 (m)	0.88	0.84	1.31	③>①浸水深(3.42km ² 内のメッシュ)数
	順位	2	3	1	④=③の順位(大きい方が危険)
	最大流速分布の空間的平均 (m/s)	0.79	0.79	1.11	⑤>①(流速)3.42km ² 内のメッシュ数
	順位	2	2	1	⑥=⑤の順位(大きい方が危険)
	最大流体力分布の空間的平均 (m)	0.89	0.88	1.67	⑦>①(流体力)3.42km ² 内のメッシュ数
順位	2	3	1	⑧=⑦の順位(大きい方が危険)	
局所	到達時間分布の空間的平均 (min)	42.90	50.02	28.88	⑨>①(到達時間)3.42km ² 内のメッシュ数
	順位	3	4	1	⑩=⑨の順位(早い方が危険)
	最大浸水深 (m)	13.23	11.92	18.72	⑪>①の順位(大きい方が危険)
	順位	2	3	1	
	最大流速 (m/s)	6.04	5.15	9.19	⑫>①の順位(大きい方が危険)
	順位	2	3	1	
	最大流体力 (m)	15.60	14.36	78.42	⑬>①の順位(大きい方が危険)
順位	2	3	1		
局所下流端への到達時間	(min)	7	12	68	⑭>①の順位(早い方が危険)
	順位	2	3	1	
危険性の判定	合計	18	26	11	⑰>①の順位(大きい方が危険)
	順位	1	2	3	⑱=⑰の順位(小さい方が危険)



(Costa式) (Froehlich式) (土地改良事業の式)
図-5 最大浸水深分布⁷⁾

謝辞

本論の氾濫解析にあたって、徳島大学で開発された氾濫解析モデルをもとにした、解析コード X-Okabe(商品名:ため池氾濫ソフト SIPOND)を使用しました。徳島大学と SIPOND に携わっている方々に、御礼申し上げます。

《引用・参考文献》

- 1) 土木学会東日本大震災被害調査団:緊急地震被害調査報告会, 2011.4.
- 2) 三好学, 田村隆雄, 安芸浩資, 藤田真人:徳島市上八万地区における降雨量と内水氾濫による浸水被害との関係, 土木学会四国支部平成 25 年自然災害フォーラム論文集, PP.69-77, 2013.3.
- 3) 農林水産省構造改善局:土地改良事業標準設計, 第11編, PP.53-54, 1991.3.
- 4) Costa J, Floods from Dam Failure, Flood Geomorphology, PP.436-439, 1988.
- 5) David C Froehlich:Peak Outflow from Breached Embankment Dam, Journal of water resources planning and management, vol.121, No.1, P.90, 1995.
- 6) 農地防災事業研究会:農地防災事業便覧, P.240, 1998.
- 7) 国土地理院:基盤地図情報 基本項目,2018.4.

(確認日:2018.6.3.)

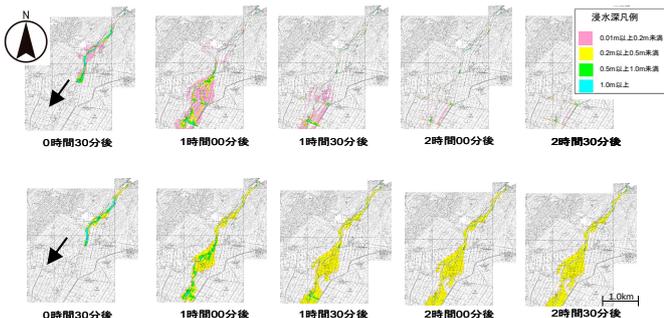


図-4 浸水状況図⁷⁾

(上段:畦畔を考慮しない場合, 下段:畦畔を考慮した場合)