

# GIS를 이용한 농업용 저수지의 붕괴 피해 평가

Risk Assessment of small reservoir by the collapse using GIS

김 윤 순\* · 김 한 중 · 정 남 수(서울대)

Kim, Yun Soon · Kim, Han Joong · Jung Nam Soo

## Abstract

In this study, the risk assessment of small reservoir by collapse using GIS is evaluated. Direct damage distance from collapsed reservoir is estimated by empirical USBR equations and submerged area is calculated by USBR's idea. The amount of damage by collapsed reservoir is figured out by damage assessment of National Institute for Disaster Prevention.

## 1. 서론

최근 국지적인 집중호우로 인한 농업용 저수지의 붕괴로 하류부 침수피해 사례가 빈번히 발생하고 있으나 이를 객관적으로 평가할 수 있는 근거가 없어 대책마련과 지원 범위 설정에 많은 어려움이 있다. 현재 농업용 저수지는 대부분 상류의 유역에 위치하는데 이곳에 대한 개발과 토지이용의 변화에 따라 저수지 설계 및 시공 당시에 비하여 관개지구와 인접 지역에 다양한 형태의 시설물 및 산업지구, 마을 등이 형성되는 경우가 점차 많아지고 있다. 이에 따라 정확한 피해범위 설정과 피해액 산정의 중요성이 높아지고 있다.

대부분의 선행 연구는 이상 강우에 의한 하천에서의 홍수범람에 관한 연구이었다. 홍수범람 해석에 대한 외국에서의 연구를 살펴보면 미국 육군공병단 HEC(1992)에서의 HEC-2와 GRASS를 연계한 홍수해석모형, Syme와 Paudyal(1994)의 Bangladesh 홍수관리모형을 위한 Mike-11과 Arc/Info의 연계 해석 등이 있다. 국내에서는 주로 댐 붕괴와 연관된 연구가 많았는데, 한건연(1987), 이종태(1986) 등이 fill 댐의 붕괴양상 및 그로 인한 하류부에서의 홍수와 해석, 이종태와 한건연(1989)에 의한 하천제방의 붕괴 양상을 월류, 붕괴, 배수문의 파손 등이 있다. 그러나 이러한 연구는 피해거리 및 면적 산출에 집중되어 있을 뿐 저수지 붕괴에 의한 피해에 대한 정량화에 대해서는 미흡하다.

본 연구의 목적은 농업용 저수지의 붕괴에 따른 하류부에서의 침수지역을 산정하고, 이를 바탕으로 피해의 정도를 정량적으로 평가함에 있다. 이를 위해서 USBR의 경험식을 이용하여 농업용 저수지의 붕괴로 인한 직접적인 피해거리를 산정하고, 홍수범람에 의한 피해면적과 피해의 정도를 지형정보시스템(GIS)을 이용하여 구현

---

2001년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2001년 10월 12일)

하였으며, 침수지 내의 자원을 평가하여 피해액을 산출하는 시스템을 구성하였다.

## II. 저수지 붕괴에 따른 피해범위 해석

### 1. USBR 경험식에 의한 직접피해거리 산정

개략적인 홍수파의 도달거리와 직접피해거리를 추정하기 위한 방법으로는 간편법인 USBR 경험식이 있다. USBR 경험식은 저수지의 지형적 형상계수와 체원으로 부터 침투홍수량을 다음 식(1), (2)로부터 계산하도록 하고 있다. S/D의 크기에 따라서 산지형과 평지형으로 구분하고, 저수지로부터 x(mile)만큼 떨어진 지점에서의 침투홍수량(ft<sup>3</sup>/s)을 계산할 수 있다.

$$Q_x = 10^{(\log[75D^{1.85}] - aX)}, \text{ if } S/D > 40 \text{ ( flat type )} \dots\dots\dots(1)$$

$$Q_x = 10^{(\log[370(DS)^{0.5}] - aX)}, \text{ if } S/D < 40 \text{ (mountainous type)} \dots\dots\dots(2)$$

where, S = reservoir's volume corresponding to upper embankment (acre-feet)

D = height of reservoir (feet),

a = reduction factor

When storage of water is more than 1,500 acre-ft, a is 0.01,  
between 800 and 1,500 acre-ft a is 0.04 and less than 800  
acre-ft, a is 0.1

본 연구에서는 농업용 저수지에서 홍수 배제 능력의 한계인 설계홍수량까지는 여수토를 월류한 유량이 하류부 하천에서 침수피해를 발생시키지 않는 것으로 가정하였다. 따라서, 저수지가 붕괴되었을 경우 하류부에서 감당할 수 있는 설계홍수량을 제외한 나머지는 제내지로 유입되어 확산되어 갈 것이다. 이것은 위 USBR 경험식에서 계산한 거리별 침투홍수량의 크기가 저수지의 설계홍수량과 같아지는 지점까지 계속될 것이다.

대표적인 중·소규모의 저수지를 대상으로 현재까지 제시된 USBR의 경험 모델을 이용하여 하류부의 피해거리를 분석하였다. 이 결과는 2000년도의 이상강우가 발생하였을 때 붕괴된 소규모의 관개용 저수지와 그와 비슷한 저수지를 대상으로 하였다.

Table 1 calculation of reservoir's peak flow and expected damage distance

Topographical Type	effective storage(10 <sup>6</sup> ton)	Height (m)	filled area (ha)	shape factor (S/D)*	peak flow (m <sup>3</sup> /sec)	design peak flow (m <sup>3</sup> /sec)	USBR equation (km,⊖)	direct damage distance on map (km,⊕)	direct damage distance by eye (km)	(⊕/⊖)**
flat	17.200	18.0	327.0	236.0	4018.0	1149.0	21.5	10.0		0.47
flat	15.224	17.0	279.2	221.0	3614.0	734.0	26.0	9.5		0.37
flat	1.317	4.8	53.0	68.0	348.0	168.0	5.1	2.1		0.41
mountainous	1.023	11.0	38.0	23.0	1812.0	135.0	18.0	3.0		0.17
mountainous	0.321	23.3	5.3	0.3	468.0	63.9	4.8	0.9		0.19
mountainous	0.583	7.2	1.5	2.0	350.0	28.7	6.5		1.2	0.18
mountainous	0.014	7.2	0.9	0.1	55.0	6.5	4.0		0.5	0.13
mountainous	0.519	14.9	9.0	8.6	1502.4	70.4	11.5	3		0.26
mountainous	0.099	6	4.4	4.1	416.2	19.2	7.2	1.4		0.19
mountainous	3.512	30	60.0	28.9	5545.5	235.0	55.2	5		0.09
mountainous	1.530	23.1	21.0	16.4	3211.8	140.8	21.9	5.2		0.24
mountainous	3.064	19	53.8	39.8	4122.1	123.0	61.1	11.5		0.19
mountainous	0.539	20	10.7	6.7	1773.8	81.5	7.2	1.5		0.21

\* If the value of S/D is more than 40, it's flat type and less than 40, it's mountainous type

\*\* the ratio of a direct damage distance on map(⊕) to a distance by USBR equation(⊖)

분석 결과 식 (1), (2)는 도상이나 실측에 의한 직접피해거리에 비하여 2~4배 이상 높은 값을 나타내었다. 따라서 USBR식을 국내 소규모 저수지에 직접 적용하기에는 어려움이 있을 것으로 판단된다. 대부분의 농업용 저수지는 큰 하천의 상류 지역에 위치하므로 저수지 붕괴에 의한 직접적인 피해거리는 홍수의 해소가 가능한 저수지 하류부 하천이 본류와 만나는 지점으로 가정하였다.

## 2. 침수면적의 산정

침수심을 결정함에 있어 몇 가지 가정을 하였다. 먼저 하천흐름을 방해하는 장애물의 효과를 무시하고 정상흐름에 대한 수심을 계산하는 방법을 택하였다. 이때 하상경사와 수면경사, 에너지 경사는 평행하고 홍수가 진행되는 동안은 유출량이 일정하며 수심도 시간에 따라 변하지 않는 것으로 가정하였다. USBR 경험식의 개념에 따르면 피해범위는 저수지 붕괴에 의해 월류된 총유량에서 하천이 감당할 수 있는 침투홍수량을 뺀 나머지 유량이 제내지에 저류되는 지역을 피해면적으로 한다. 이에 따라 본 연구에서는 저수지의 제체를 시점으로하여 하류부 본류까지의 등고선을 기준으로 잉여된 저류량을 소화할 수 있는 제적을 구하여 피해면적을 산정하였다.

## III. 피해액의 산정

피해액은 크게 하류부 피해비용 예측치와 제체 및 여수토 등 저수지 구조물의 피

해비용으로 나눌 수 있다. 여기서 하류 부의 피해는 인명에 대한 고려가 있어야 한다. Table 2는 USBR에서 추천한 위험도 등급표이다.

Table 2 Hazard classification

classification	expected loss of lives	economic loss
Low	0	Minimal (undeveloped agriculture, occasional uninhabited structures, or minimal outstanding natural resources)
Significant	1 - 6	Appreciable(rural area with notable agriculture, industry, or worksiteds, or outstanding natural resources)
High	more thna 6	Excessive(urban area including extensive community, industry, agriculture, or outstanding natural resources)

하류부에 인명 피해가 예상되는 경우 시설물의 파괴확률과 하류부에서 발생할 인명피해 가능인원(PAR, People At Risk)으로부터 저수지 체제가 파괴될 확률을 적용한 (LOL, Loss of Life)의 확률 값이 하한 값으로 정의된다. 국내에서는 농업용 저수지에 대한 하류부의 인명피해 규모를 정확히 산정하기 곤란하기 때문에 시설물 관리 담당자가 GIS와 데이터베이스를 활용한 현지의 확인 결과를 바탕으로 PAR을 입력하고, 파괴확률 값을 이용하여 평가하도록 하는 방법과 자료의 입력 시스템의 개발이 필요하다. 한편, 하류부의 인명피해가 확률적으로 없는 경우라면 저수지 붕괴에 따른 경제성 평가가 필요하다. 수리시설물의 준공년도와 시설물의 내구년한을 기반으로 저수지에 대한 유지관리 정책의 수립(Maintenance Management Planning) 기법에 대한 세부적인 연구가 필요하다. 현행 재해피해 조사항목과 조사내용을 정리하면 Table 3과 같다. 이것을 기준으로 저수지 붕괴에 의한 침수지역 내 조사항목을 설정하고 피해액을 산정한다.

Table 3 current investigation items by disaster and it's contents

Investigation items	Method	Investigation items	Method
인명피해	이재민, 사망, 실종, 부상	어항	선착장, 방파제 등의 구조적 시설물의 피해조사
건물	유실, 전파, 반파, 소파, 침수로 구분	학교	교실, 부속건물로 구분하여 피해조사
선박	동력선, 무동력선으로 구분, 전파와 반파 구분	철도	피해개소와 연장을 m 단위로 조사
농경지	전답의 유실, 매몰된 농경지만 조사	수리시설	토지개량조합시설, 소규모 시설, 방조제 시설의 피해조사
농작물	전작, 단작으로 구분하여 갑수에 상량 조사	사방	산지야계사방의 피해개소와 면적 조사
도로	피해개소와 연장을 m 단위로 조사	조립지	조립지, 포장의 피해개소와 면적 조사
교량	개소로 조사	동선시설	피해개소 조사
항만	박지시설, 접안시설, 등 항만에 부속하는 시설 피해조사	소규모 시설	농로 및 새마을 도로, 소규모 교량, 소하천

#### IV. 결론

본 연구에서는 농업용 저수지의 붕괴에 따른 하류부에서의 침수지역을 산정하고 이를 바탕으로 피해의 정도를 정량화 하였다. 연구의 결과 USBR의 경험식을 이용하여 농업용 저수지의 붕괴로 인한 직접적인 피해거리를 산정하는 것은 국내의 여건에 부합하지 않았다. 대신 직접적인 피해거리는 홍수의 해소가 가능한 저수지 하류부 하천이 본류와 만나는 지점까지로 산정하였다.

침수면적을 결정하기 위해 USBR의 경험식에서 제시한 개념에 따라 제체와 하류부 하천 사이의 등고선 중 홍수에 의한 월류량을 저류할 수 있는 면적을 침수구역으로 정의하였다. 이러한 결과를 통하여 피해액을 산정하기 위한 국립 방재 연구소의 자료를 이용하였으며, 향후 이를 정량화 시킬 수 있는 방안이 추가되어야 할 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. 국립방재연구소, 1998, 재해피해 산정의 합리화 방안, 행정자치부
2. 국립방재연구소, 1999, 홍수피해원인분석 제도화 및 홍수재해지도 작성지침 개발, 행정자치부
3. 농림수산부, 1995, 농업용 저수지의 안전관리와 노후화에 따른 재개발 대책(Ⅰ), 농림수산부
4. 이종태, 한건연, 이정식, 1986, Earth Dam의 가상 파괴로 인한 홍수파의 예측 모형, 대학토목학회논문집, 제6권 제4호, pp. 69~78
5. 이종태, 한건연, 1989, 하천제방의 붕괴로 인한 제내지의 침수예측 모형, 한국수문학회지, 제22권 제2호, pp.223~231
6. 이홍래, 한건연, 김상호, 최현상, 1998, 하천 홍수범람해석을 위한 수치모형의 개발(Ⅰ):GIS와의 연계해석, 한국수문학회논문집, 제31권 제4호, pp.415~427
7. 한건연, 1987, 하천에서의 홍수파 해석을 위한 수치모형의 개발, 한국수문학회지, 제20권 제4호, pp.285~294
8. Donald L. Read, P.E., 2000, Risk Analysis Report for Guernsey Dam South Spillway Baseline Risk Analysis, Bureau of Reclamation, United States Department of Interior, Technical Memorandum No. GUQ-8420-1