

농업용 소규모 저수지의 붕괴에 따른 하류부 피해예측모델 개발에 관한 연구

A Study on Development of Downstream Flood Damage Prediction Model by Dam-Break of Small Agricultural Reservoir

박종윤*, 정관수**, 이주현***, 강부식****, 김성준*****

Jong Yoon Park, wan Sue Jung, Joo Heon Lee, Boo Sik Kang, Seong Joon Kim

요 지

본 연구는 이상홍수와 급속한 도시화로 인하여 설계 및 축조 당시의 수문, 기상환경이 변화함에 따라 해마다 증가하는 저수지관련 홍수피해에 효율적으로 대처하기 위하여 국내 농업용 저수지 17,649개 중 14,154개(80.2%)에 해당하는 30만 m^3 이하의 소규모 저수지를 대상으로 댐 붕괴에 의한 저수지 하류의 피해 규모 및 피해양상을 정량화 할 수 있는 피해예측모델을 개발함으로써 저수지 하류하천 위험기준을 수립할 수 있는 방안을 제시하고자 한다. 이를 위해 경기도 용인시에 위치한 창리저수지(20.0만 m^3)를 대상으로 댐 붕괴 시나리오를 작성하고 빈도별홍수량 및 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood, PMF)을 산정하여 HEC-HMS 모형을 이용한 댐 붕괴 모의를 실시하였다. 하류부 홍수해석은 창리저수지 직하류 화곡천(1.12km) 구간에 대해 HEC-RAS 모형을 이용하여 댐 붕괴 홍수와 수문곡선에 따른 홍수범람도를 작성하였다. 또한 홍수범람구역에 해당되는 행정구역의 자산DB를 구축하고 홍수피해산정 방법으로 널리 사용된 다차원법(Multi - Dimensional Flood Damage Analysis, MD-FDA)과 기존 간편법의 장점을 살려 댐 붕괴에 따른 하류부 홍수피해액을 산정하였다.

핵심용어 : 소규모 저수지, 댐 붕괴, 홍수해석, 피해예측, HEC-HMS, HEC-RAS

1. 서 론

최근 전세계적으로 지구 온난화 등과 같은 기후변화에 따른 강우의 양이나 패턴의 변화로 인해 이상홍수 피해가 속출하고 있는 실정이며, 우리나라의 경우에도 최근 루사, 매미 등에 의한 대규모 홍수 피해가 빈번히 발생하고 있는 상황이다(이동률 등, 2004). 이러한 기상이변에 따른 국지성 집중호우와 태풍은 대규모 댐의 설계빈도를 초월하는 폭우를 동반함으로써 댐 체체의 수문학적 안정성을 위협함과 동시에 구조물의 노후화로 인한 구조적 결함이 발생할 경우 댐 붕괴와 같은 예기치 않은 비상상황을 초래할 수 있다. 이에 우리나라에서는 하천법 개정(2004.1)에 따라 총저수량이 백만톤 이상이면서 하류의 피해 잠재능이 큰 댐, 저수지와 하천부속물에 대한 비상대처계획(Emergency Action Plan, EAP) 수립을 의무화하였다. 하지만 구조물 노후화로 집중호우 발생시 상대적으로 취약한 중소규모 저수지의 경우 붕괴에 따른 별도의 피해예측 기법 및 피해규모

* 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 박사과정 · E-mail : bellyon@konkuk.ac.kr
** 정회원 · 충남대학교 토목공학과 교수 · E-mail : ksjung@cnu.ac.kr
*** 정회원 · 중부대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : leejh@joongbu.ac.kr
**** 정회원 · 단국대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : bskang123@naver.com
***** 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr

를 정량화 하는 방안이 체계적으로 구축되지 않은 관계로 비상대처계획수립이 미비한 실정으로, 중소규모 저수지에 대한 피해예측모델 개발이 시급히 요구된다.

이에 본 연구에서는 이상홍수와 급속한 도시화로 인하여 설계 및 축조 당시의 수문, 기상환경이 변화함에 따라 해마다 증가하는 저수지관련 홍수피해에 효율적으로 대처하기 위하여 국내외 댐 붕괴 사례를 조사하고, 조사결과를 바탕으로 저수지 및 댐의 수리·수문학적 특성별 피해양상을 분석한다. 또한 국내 30만³ 미만의 시·군·구 지자체관리 소규모 저수지를 대상으로 댐 붕괴에 의한 저수지 하류의 피해규모 및 피해양상을 정량화 할 수 있는 피해예측모델을 개발함으로써 저수지 하류하천 위험기준을 수립할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

2. 대상지역 및 자료구축

본 연구에서는 <그림 1>과 같이 경기도 용인시 처인구, 완장천유역내 창리저수지를 선정하였다. 1971년 준공된 창리저수지는 하류부에 농업용수를 공급하고 있으며, 저수지 상류부 구간은 취락부, 농경부, 산지가 혼재하는 전원하천구간으로 이루어져 있다. 총저수용량은 41.9만³이며, 유역면적은 347.0ha, 만수면적은 9.0ha이다.

홍수량 산정을 위해 용인, 진위, 원삼 3개의 강우관측소에 대한 확률강우량을 「진위천수계 하천기본계획(2006)」 보고서의 결과를 이용하였으며, 저수지측량을 통해 댐 붕괴모의를 위한 댐 마루 높이, 바다 높이 등의 초기입력자료를 구축하였다. 하류부 홍수해석을 위해 댐 직하류의 화곡천(1.12km)구간에 대하여 50m 간격의 하천단면자료를 구축하였으며, 홍수범람도 작성과 홍수피해액 산정을 위한 GIS(Geographic Information System) 자료는 환경부의 1:25,000 중분류 토지이용도와 1:5,000 수치지형도, 행정구역도 등의 지형자료를 이용하였다.

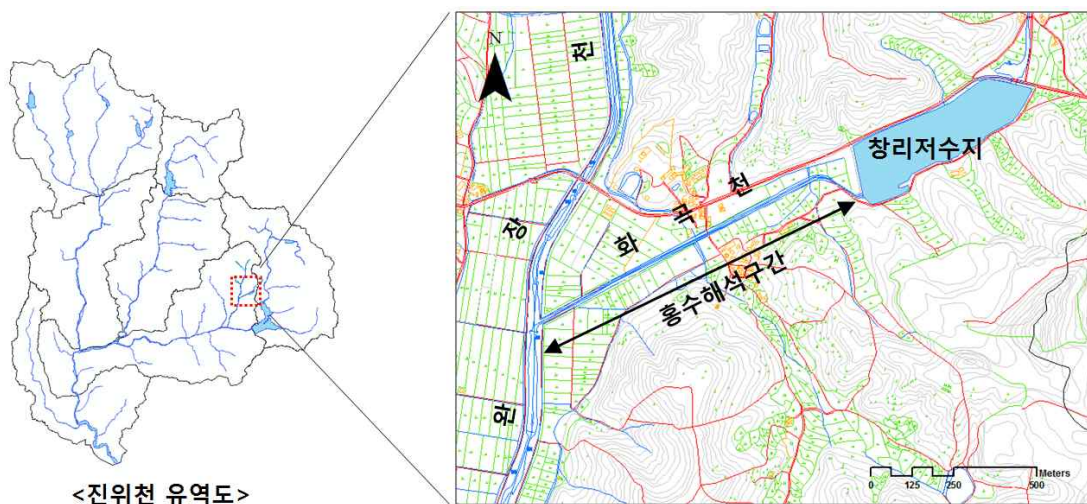


그림 1. 창리저수지 및 분석대상 구간

3. 연구방법

본 연구에서는 창리저수지에 대하여 월류(Overtopping)와 파이핑(Piping)에 의해 붕괴되는 극한홍수조건 및 일반홍수조건에 대한 댐 붕괴 시나리오를 작성하였다. 용인, 진위, 원삼 3개의 강우관측소에 대한 빈도별 강우량 및 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation, PMP)을 산정

하였으며, 홍수량 산정은 유역추적 방법인 Clack 방법을 이용하여 홍수도달시간과 저류상수를 구한 뒤, 강우-유출모형인 HEC-HMS모형을 이용하여 창리저수지 유입지점과 출구점, 화곡천과 완장천 합류점에 대한 홍수량을 산정하였다. 이때, 댐 붕괴 모의는 HEC-HMS 모형을 이용하여, 창리저수지 유입, 출구점에서의 각 붕괴 시나리오별 홍수량을 산정하였다.

댐 붕괴에 따른 하류부 홍수해석은 창리저수지 직하류 하천인 화곡천 1.12km 구간에 대하여 HEC-RAS 모형의 저류지 기능을 적용하여 댐 붕괴 시, 저지대 침수해석을 모의하였다. 여기서 저지대는 침수예상지역으로서 모형에 Storage로 입력되며 부정류해석에 따른 제방월류에 의한 제내지 침수모의를 실시하였다. 홍수범람도 작성을 위해 GIS기법과 연계하여 HEC-RAS의 후처리 모듈인 HEC-GeoRAS를 이용하여 침수심별 홍수범람도를 작성하였다.

홍수피해액 산정은 GIS와 연계하여 자산의 공간적 변화를 고려할 수 있는 다차원법(MD-FDA, Multi - Dimensional Flood Damage Analysis)과 계산과정이 간단하고 기본 통계자료만으로 피해액 산정이 가능한 간편법의 장점을 고려한 침수심별 침수피해액을 산정하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 댐 붕괴 모의에 따른 홍수량 산정 및 홍수해석

표 1은 창리저수지 유입점과 출구점에 대하여 HEC-HMS 모형을 이용한 빈도별 홍수량 적용에 따른 월류 및 파이핑에 의한 댐 붕괴 모의 결과로서, 200년 빈도 미만의 홍수량에서는 월류가 발생하지 않는 것으로 나타났으며 200년 빈도 홍수량 및 PMF(Probable Maximum Flood, PMF)의 경우에는 지속시간별로 월류 및 파이핑에 의한 댐 붕괴 현상이 나타났다.

하류부 홍수해석은 HEC-RAS 모형을 이용하여 창리저수지 출구점에서 PMF시 월류에 의한 댐 붕괴 홍수와 수문곡선을 경계조건으로 부정류해석을 실시하였다. 그 결과, 붕괴 시점에서 화곡천 말단의 완장천 합류전까지의 홍수와 도달시간은 약 8분 정도로 최초 홍수와 도달 후 약 10분 후, 최고 수위에 도달하는 것으로 분석되었다. 홍수피해지역을 분석한 결과, 화곡천-완장천 합류점으로부터 350m 구간에서 제방월류에 의한 침수피해가 발생하였는데 이는 상류에서부터 내려온 댐 붕괴 홍수파가 완장천을 만나면서 배수지연 또는 Backwater 발생과 제방월류에 의한 것으로 해석될 수 있다. 총 침수면적은 약 2.1ha 이며, 침수심은 1m 이내인 것으로 나타났다.

표 1. 창리저수지 댐 붕괴 모의 결과

산정지점			지속시간별 홍수량 (cms)					
			1hr	2hr	3hr	6hr	12hr	24hr
월류	200년 빈도	유입점	32.3	47.8	51.3	48.7	39.1	31.3
		출구점	9.3	30.0	39.3	262.2	38.7	31.2
	PMF	유입점	29.0	62.8	95.8	104.2	83.8	68.7
		출구점	6.7	43.3	296.8	414.7	278.3	267.1
파이핑	200년 빈도	유입점	32.3	47.8	51.3	48.7	39.1	31.3
		출구점	223.5	245.0	249.0	240.1	228.2	219.8
	PMF	유입점	29.0	62.8	95.8	104.2	83.8	68.7
		출구점	220.2	238.7	263.1	255.5	235.6	223.1

4.2 댐 하류부 홍수피해액 산정

홍수범람도 작성에 따른 댐 하류부의 총 홍수 피해액은 인명피해액과 일반자산피해액, 공공시설물 피해액의 합으로 산정하였다<표 2>. 모의된 홍수범람 해석에 의한 홍수피해액은 최대 1.1m 침수심을 보이며 1,020,153천원의 피해액이 예상되었으며, 침수심이 0.5m를 넘으면 농경지의 침수면적이 급격히 커지기 때문에 피해액 또한 침수면적에 비례해서 커지는 것으로 나타났다.

또한 침수심이 1.0m 넘을 경우에만 농경지 피해액을 산정하기 때문에 1.0m의 침수심 이상에서도 홍수피해액의 증가가 두드러지게 나타났다. 침수심-피해액 곡선을 이용하면 홍수피해액의 증가가 커지는 지점을 파악하여 피해를 최소화 시킬 수 있는 연구 및 저수지 제방의 위험도 분석에도 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

표 2. 침수심별 총 피해액 산정

(단위: 천원)

침수심	인명 피해액	일반자산 피해액	공공시설물 피해액	총 피해액
0.1m	211	256	372	839
0.2m	402	458	664	1,524
0.3m	602	672	975	2,249
0.4m	827	910	1,319	3,056
0.5m	1,859	142,832	207,107	351,798
0.6m	8,576	167,748	243,234	419,558
0.7m	12,342	174,656	253,250	440,248
0.8m	12,469	174,780	253,431	440,680
0.9m	12,591	174,897	253,601	441,090
1.0m	12,651	410,527	595,264	1,018,442
1.1m	12,941	411,107	596,105	1,020,153

5. 결론

본 연구는 그동안 100만³급의 대규모 저수지에 치중되어 왔던 피해예측모델을 30만³ 이하의 소규모 저수지에 적용하여 댐 붕괴 시나리오 작성 및 붕괴 모의, 홍수해석, 피해액 산정을 실시하였다. 이는 전국 14,154개(전체의 99.6%)의 중·소규모 저수지에 대한 피해예측모델의 확대적용을 위한 사전연구로서 기존의 분석과정을 단순화하여 시간 및 비용절감을 위한 피해예측모델을 개발하는데 비교 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업 [NEMA-09-NH-05] 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 이동률, 김웅태, 유철상(2004). 기후변화가 기상학적 가뭄과 홍수에 미치는 영향. 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제37권, 제4호, pp. 315-328.