

농업용 저수지 하류의 홍수피해액 산정을 위한 침수피해곡선 산정기법

Estimation of Flood-Damage Curve for Evaluating Flood Damage Cost in Downstream Area of Agricultural Reservoir

강부식*, 류승엽**, 김성준***, 이주헌****

Boosik Kang, Seungyeop Ryu, Seongjoon Kim, Jooheon Lee

요 지

국내의 저수지 비상대처계획수립은 저수용량 100만^m이상의 중·대규모의 댐 및 저수지를 대상으로 수립되고 있다. 반면, 전국 14,208개의 시·군·구 지자체관리 저수지 가운데 80% 이상을 차지하고 있는 30만^m 미만의 중·소규모 저수지에 대해서는 피해규모의 정량화 방안이 체계적으로 구축되어 있지 못한 실정이다. 이에 본 연구는 중·소규모 농업용 저수지의 붕괴로 인하여 하류부에서 발생하는 피해를 산정하고, 잠재적인 피해액을 예측할 수 있는 홍수피해액 산정방법을 연구하고 인명 및 재산피해를 추정하는 기법을 연구하였다.

홍수피해액 산정에 대한 연구는 1970년대에 침수경제성 분석의 필요성이 대두되면서 원단위법(1993, 건설부, 하천시설기준), 회귀분석법(2001, 건설교통부, 침수사업 경제성분석 개선방안 연구), 다차원법(2004, 건설교통부, 침수사업 경제성분석 연구 방법) 순으로 발전되어 왔다. 원단위법과 회귀분석법의 문제점을 보완하기 위하여 다차원법이 제시되었지만 사용하는 자료가 방대하고 실제 가용성이 제한적인 자료를 포함하고 있어서 적용성이 떨어지는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 중·소규모의 농업용 저수지 붕괴로 인한 홍수범람시의 피해액산정을 위하여 기존의 원단위법과 다차원법의 장점을 취하여 침수피해추정곡선법(IDEM : Inundation Damage Estimation Method)을 적용하였다. 인명손실액, 이재민피해손실액, 건물피해액, 건물내용물 피해액, 농작물 피해액, 농경지피해액, 공공시설물 피해액으로 구분하고 현재 제공되는 통계자료와 GIS 기법을 이용하여 대상 저수지인 창리저수지의 붕괴에 따른 소규모 범람구역의 침수심별 홍수피해액을 산정 후 침수심-피해액 곡선을 작성하였다.

창리저수지의 경우 저수지 붕괴시 0.4m의 침수심부터 제내지의 침수피해가 발생함을 알 수 있었으며, 침수심-피해액 곡선을 이용하여 침수심별 피해규모를 예상할 수 있었다. 향후 다양한 저수지에 적용성을 검토하여 국내 중·소규모 농업용 저수지 붕괴에 따른 홍수피해액 산정에 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 간편법, 다차원법, 피해예측, 홍수피해액, 침수피해곡선

1. 서론

최근 급격한 기상 변화와 유역의 형질 변경, 예기치 못한 극한강우 발생 상황에서 댐은 붕괴에 대한 잠재적인 위험성을 가지고 있으며, 댐 붕괴시 일시에 유출되는 대규모 저수유량으로부터 야기되는 폭발적인 파괴력은 댐 하류부에 막대한 손실을 초래할 수 있다. 홍수피해산정과 관련하여 최현상 등(2005)과 이준우 등(2006)이 다차원법을 이용한 홍수피해산정을 통해 행정구역별 평균 피해액이 아닌 침수 발생지역에 대한 홍수피해액을 산정하였다. 하지만 국내의 경우 홍수피해액

* 정회원 · 단국대학교 토목환경공학과 부교수 · E-mail : bskang123@naver.com
** 정회원 · 단국대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : ryuseungyeop@dankook.ac.kr
*** 정회원 · 건국대학교 사회환경시스템공학과 교수 · E-mail : kimsj@konkuk.ac.kr
**** 정회원 · 중부대학교 토목공학과 부교수 · E-mail : leejh@joongbu.ac.kr

산정을 위한 주거, 농업, 산업시설의 통계자료와 정밀한 토지이용도, 홍수지도 등의 자료구축이 미비할 뿐만 아니라 피해예측을 위한 절차 및 분석방법 등에 관한 연구가 더욱 필요한 실정이다.

한편, 현재 저수지 비상대처계획(Emergency Action Plan, EPA)수립은 저수용량 100만^m이상의 중·대규모의 댐 및 저수지를 대상으로 수립되고 있다. 반면, 전국 14,208개의 시·군·구 지자체 관리 저수지 가운데 80% 이상을 차지하고 있는 30만^m 미만의 중·소규모 저수지에 대해서는 피해규모의 정량화 방안이 체계적으로 구축되어 있지 못한 실정이다. 이에 본 연구는 중·소규모 농업용 저수지의 붕괴로 인하여 하류부에서 발생하는 피해를 산정하고, 잠재적인 피해액을 예측할 수 있는 홍수피해액 산정방법을 연구하고 인명 및 재산피해를 추정하는 기법을 연구하여 경기도 용인시 남사면에 위치한 창리저수지에 대해 적용해보았다.

2. 국내 홍수피해 산정기법의 변천

홍수에 의한 피해액을 직접 산정하게 된 것은 1985년 하천시설기준(건설부)의 경제성 분석 방법을 그대로 적용한 하천시설기준(건설부, 1993)에 제시한 원단위법에 의한 것이었으며, 이는 사업지구의 농산물 피해액과 관련시켜 농경지 피해액, 공공시설물 피해액, 기타 피해액, 간접 피해액 등을 산정하는 방법이었다. 이후, 2001년 치수사업 경제성분석 개선방안 연구(건설교통부)에서 원단위법을 개선시켰다 하여 개선법 혹은 회귀분석법으로 지칭되는 방법이 제시되었다. 회귀분석법은 일부 기존 간편법을 그대로 사용하면서 건물 피해액, 농경지 피해액, 공공시설물 피해액, 기타 피해액 등은 재해연보를 근거로 회귀분석하여 산정한 침수면적-피해액 관계식을 이용하였다. 이러한 이유로 회귀분석법은 실제 과거에 있었던 홍수 피해 조사의 정확성에 크게 의존하게 된다. 하지만 우리나라의 경우, 조사 인력이 부족하고 조직의 구조적 문제 등으로 정확한 조사가 어려운 여건이다.

다차원 홍수피해산정방법(다차원법)은 기존 「치수사업 경제성분석 개선방안연구(건설교통부, 2001a)」의 개선법에서 제기되었던 문제점을 보완하여 보다 정확하고 합리적으로 홍수피해액을 산정할 수 있도록 개선한 방법이다. 다차원법은 예상피해지역의 일반자산조사(건물, 건물내용물, 농경지, 농작물, 사업체유형·재고자산)를 통하여 100% 피해규모를 산정하고, 이 후에 침수심 조건에 따라 피해율을 적용하여 예상홍수피해액을 산정하게 된다. 기존의 침수면적-피해액의 회귀분석법과는 달리 각 지역(시·군)의 통계연보를 중심으로 피해액을 산정하기 때문에 지역특성을 반영할 수 있으며, 또한 GIS와 연계되어 침수면적의 공간적 분포를 고려하여 산정하게 된다.

그러나, 보다 정확한 피해액산정을 하기 위한 선행작업으로 정밀한 홍수범람도가 구축되어야 하며, 최근의 통계자료가 뒷받침되어야 한다. 또한 다차원법은 저수지의 하류부인 읍면동 단위의 행정구역에만 적용하기에는 너무 광범위한 자료들이 필요하다는 단점이 있다.

3. 침수피해추정곡선법(IDEM : Inundation Damage Estimation Method)

농업용 저수지의 붕괴로 인한 침수지역은 논이나 밭 등 경작지와 밀접한 관계가 있다. 농업용 저수지의 규모가 크지는 않지만 전국 14,000여개 이상 있기 때문에 농업용 저수지의 현실적인 피해방안 대책이 요구되고 있는 실정이다. 현재 국내의 치수 경제성 분석을 위한 홍수피해산정방법으로는 가장 최근에 개발된 다차원법(MD-FDA : Multi-Dimensional Flood Damage Analysis)이 사용되고 있는데, 다차원법의 주된 내용은 예상 피해지역의 자산조사를 통하여 100%피해규모를

산정하고, 침수심 조건에 따라 피해율을 적용하여 예상 홍수피해액을 계산하는 것이다. 다차원법은 침수심과 공간적인 분포를 고려하여 피해액을 보다 정확하게 산정할 수 있지만, 방대한 자료 구축과 소규모 지역에 적용하기는 힘들다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 농업용 저수지 하류부에 간편하고 개략적인 피해액을 산정해 14,000개소의 농업용 저수지 하류부의 피해액 예측을 하기에 좀더 용이한 침수피해추정곡선법(IDEM : Inundation Damage Estimation Method)을 연구하여 적용하였다. 침수피해추정곡선법(IDEM)은 다차원법의 GIS를 이용한 침수구역과 자산의 공간적 분포를 분석할 수 있는 장점과 회귀분석법의 침수면적-피해액의 관계식의 장점을 취하여, 간편한 계산법과 침수심-피해액 관계 곡선을 적용하기 때문에 저수지 하류부의 예상 피해액을 산정하는데 좀 더 효율적인 기법이라 생각된다. 기존의 홍수피해산정기법의 비교와 침수피해추정곡선법(IDEM)이 표 1에 설명되어 있다.

표 1. 홍수피해산정기법 비교

구분		회귀분석법	다차원법	침수피해추정곡선법(IDEM)	
주요사항		<ul style="list-style-type: none"> 침수면적만의 함수(침수면적-피해액 관계식) 5개 도시유형별 침수면적-피해액 곡선 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 침수면적, 침수심, 빈도의 함수 행정구역별 각종 지표에 침수면적 및 침수심별 피해율을 곱하여 피해액 산정 	<ul style="list-style-type: none"> 원단위법과 GIS기법을 이용한 피해액 산정 	
인명피해	인명손실	침수면적당 손실 인명수(명/ha) × 손실 원단위(원/명) × 침수면적(ha)	침수면적당 손실 인명수(명/ha) × 손실 원단위(원/명) × 침수면적(ha)	침수면적당 손실 인명수(명/ha) × 단위피해액(원/명) × 침수면적(ha)	
	이재민	침수면적당 발생 이재민(명/ha) × 대피일수(일) × 일평균 국민소득(원/명·일) × 침수면적(ha)	침수면적당 발생 이재민(명/ha) × 대피일수(일) × 일평균 국민소득(원/명·일) × 침수면적(ha)	침수면적당 발생 이재민(명/ha) × 대피일수(일) × 일평균 국민소득(원/명·일) × 침수면적(ha)	
홍수피해액 정 방 법	일반자산피해	건물	침수면적-피해액 관계식	건물면적×피해율×건축단가	침수구역 내 건물자산가치(원) × 침수심별 건물 침수피해
		건물내용물	미반영	세대수×피해율×가정용품단가 (가정용품단가는 5가지로 구분)	침수구역 내 건물내용물 자산가치(원) × 침수심별 건물 내용물 침수피해율
		농경지	침수면적-피해액 관계식	농경지침수면적×손실단가 (손실단가는 매물, 유실로 구분)	침수구역 내 매물, 유실 피해액(원) × 침수심별 농경지 침수피해율 ※ 1m이하 : 피해율 0% 1m이상 : 피해율 100%
		농작물	과거 최대 규모 홍수 발생시의 침수지역 내 경지면적 × 단위면적(10a)당 수확량 × 농작물 침수피해율 × 농작물 단가	농작물×피해율×농작물평가단가	침수구역 내 농작물 자산가치(원) × 침수심별 농작물 침수피해율 ※ 1m이하 : 침수시간별 피해액산정 1~2일로 가정된 피해율 사용 1m이상 : 100%피해율 사용
	공공시설물	침수면적-피해액관계식	일반자산피해액×일정비율	일반자산피해액×일정비율	
기타편익	침수면적-피해액 관계식	미반영	미반영		

4. 피해액 산정

총 피해액은 인명피해액과 일반자산피해액, 공공시설물 피해액의 합으로 산정된다. 인명피해액은 인명손실액, 이재민 피해 손실액의 합으로 구할 수 있으며, 일반자산 피해액은 건물자산과 농업자산의 합으로 산정한다. 창리저수지에서 모의된 홍수피해액은 표 2 과 같다. 모의된 홍수범람 해석에 의한 홍수피해액은 최대 1.1m 침수심을 보이며 1,020,153천원의 피해액이 예상되었다. 침수심이 0.5m를 넘으면 농경지의 침수면적이 급격히 커지기 때문에 피해액 또한 침수면적에 비례해서 커지는 것을 알 수 있다.

표 2. 모의된 창리저수지의 제방 붕괴시 총 피해액

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

(단위: 천원)

침수심을 0.1m간격으로 침수피해액을 산정하여 작성한 침수심-피해액 곡선은 그림 1과 같다. 침수심 0.4m부터 제내지 침수가 발생하기 시작함을 알 수 있었으며, 산정기법의 계수와 침수면적이 증가하는 지점에서 변곡점이 발생하였다. 피해액은 침수면적에 큰 영향을 받으므로 침수면적이 증가하는 지점에서 증가하였고, 침수심이 1.0m이상일 때 농경지 피해액이 산정되기 때문에 1.0m 침수심에서 급격한 피해액 증가를 보였다.

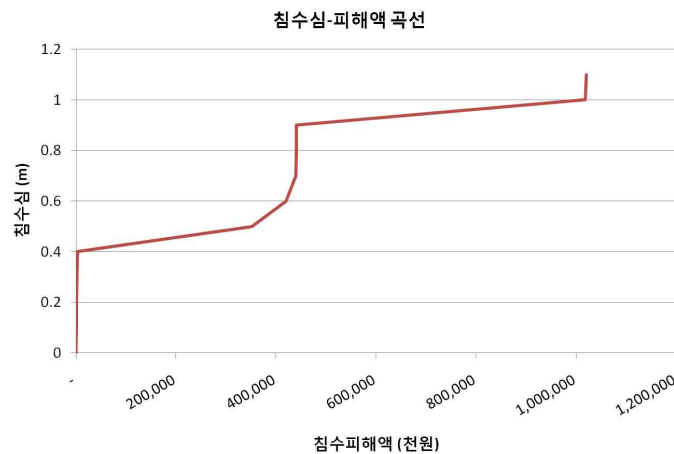


그림 1. 침수심-피해액 곡선

5. 결론

본 연구에서는 창리저수지의 붕괴에 따른 시나리오로 모의된 침수구역도를 이용하여 댐 하류부의 홍수피해액을 산정하였다. 기존의 홍수피해방법의 장점을 취하여 농업용 저수지 하류부의 홍수피해산정에 적용이 가능한 침수피해추정곡선법(IDEM : Inundation Damage Estimation Method)에 대해 연구하였다.

창리저수지 하류부에서는 댐 붕괴시 0.4m의 침수심부터 제내지의 침수피해가 발생함을 알수 있었으며, 홍수가 발생했을시 월류에 의한 제방 붕괴로 인하여 10억원 규모의 침수피해가 예상되었다.

이번 연구에서 적용한 침수피해추정곡선법을 이용하여 모의 홍수범람도로부터 산정된 홍수피해액을 바탕으로 피해액의 증가량이 커지는 지점을 파악한다면, 피해를 최소화 시킬 수 있는 연구 및 저수지 제방의 위험도 분석에도 활용될 수 있을 것이라 사료된다. 향후, 다양한 저수지에 적용성을 검토하여 국내 중·소규모 농업용 저수지 붕괴에 따른 홍수피해액 산정에 이용될 수 있을 것으로 보이며, 신뢰성 있는 최신의 자산 DB와 다양한 시나리오하에서의 침수상황을 고려한다면 보다 객관적이고 신뢰성 있는 침수피해산정이 가능해질 것이라 생각된다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 건설부 (1985), 하천시설기준
2. 건설교통부 (1993), 하천시설기준
3. 건설교통부 (2001a), 치수사업 경제성분석 개선방안 연구
4. 건설교통부 (2004a), 치수사업 경제성분석 방법연구
5. 이충성, 최승안, 심명필, 장준경 (2006), “도시지역과 전원지역의 홍수피해 비교를 통한 홍수피해산정방법의 적정성 평가”, 국토연구, 제48권, pp. 21-36
6. 이준우, 구지희, 최현상 (2006), “경안천유역의 다차원 홍수피해액산정”, 한국공간정보시스템학회 학술회의 논문집, 한국공간정보시스템학회, pp. 21-26