

다차원 홍수피해산정방법을 이용한 도시지역의 홍수피해액 산정

Application of Multi-Dimensional Flood Damage Analysis for Urban Flood Damage

이건행* / 박석근** / 김형수*** / 임우생****

Lee, Keon Haeng / Park, Seok Geun / Kim, Hung Soo / Lim, Woo Saeng

요 지

우리나라에서는 치수사업을 추진하기 위한 경제성 분석으로 간편법과 개선법을 사용하여 오다가 현재는 2004년도에 개발된 다차원법(다차원 홍수피해 산정방법(Multi-Dimensional Flood Damage Analysis))을 이용하고 있다. 다차원법은 도시와 농촌 등의 구분없이 일반적으로 이용할 수 있도록 개발되었다. 본 논문에서는 도시지역에 적합하도록 다차원법의 홍수피해산정 요소들을 보정하여 적용하고 다차원법과 비교하였다. 본 방법을 도림천의 지하방수로 사업의 비용-편익비를 산정하여 비교한 결과, 다차원법을 이용한 경우 5.51, 본 연구에서 제시한 비주거지역 자산과 공공시설물의 피해율을 이용한 경우는 6.75의 비용-편익비를 추정할 수 있었다. 이는 피해액 항목들중 공공시설물피해 항목에 의한 영향의 크기 때문인 것으로 판단된다.

핵심용어 : 다차원 홍수피해산정방법, 치수경제성분석, 비용-편익비, 공공시설물의 피해율

1. 서 론

홍수피해 등의 자연재해를 감소시키기 위한 방재사업은 막대한 비용이 소요되면서도, 계속적으로 이루어져야 한다. 따라서, 우리는 가장 효율적인 방법을 채택하여야 할 필요성이 있으며, 이러한 작업을 치수경제성 분석이라 한다.

이러한 치수사업의 타당성에 대한 근거로서 치수사업으로 인한 편익을 산정하여 비용-편익분석(cost-benefit analysis: CBA)을 실시하는 것이 일반적이다. 비용-편익분석이란, 투자의 적정규모는 얼마인지, 여러 대안에서 투자의 우선순위 등을 평가하는 이론적 분석기술을 말한다.

여기서 산정되는 비용-편익비는 1이상이 되어야만 경제적 측면에서 효율적인 치수사업으로서 평가가 되므로 사업의 시행여부를 결정하는데 있어서 가장 중요한 요소이다. 그러므로 비용-편익의 분석은 가장 기본적인지만 가장 중요한 치수경제성 분석의 지표가 된다. 이에 따라, 본 연구에서는 다차원법을 보정, 적용하여, 그 결과를 다차원법과 비교하였다.

2. 다차원 홍수피해산정방법

다차원 홍수피해산정방법(이하 다차원법)에서는 직접편익을 산정하기 위하여 편익을 주거지역, 농업지역, 산업지역, 공공시설물로 구분하였다. 공공시설물을 제외한 각 편익은 통계자료를 이용하여 자산을 산정하고 침수심과 침수편입률에 따른 피해율을 곱하여 피해액을 산정함으로써 보다 정확한 산출을 가능하게 한다(최승안 등, 2006a, 2006b).

* 정회원.인하대학교 환경토목공학부 박사과정-E-mail:ggun@inha.ac.kr
** 정회원.인하대학교 환경토목공학부 석사-E-mail:dicast97@naver.com
*** 정회원.인하대학교 환경토목공학부 교수-E-mail:sookim@inha.ac.kr
**** 정회원.인하대학교 환경토목공학부 석사과정-E-mail:klimwoos@hanmail.net

3. 도시지역의 홍수피해액 산정

다차원법의 정확한 정도를 결정하는 것은 편익분류별 자산조사이다. 따라서, 본 연구에서는 도시지역의 홍수피해분석을 위하여 다차원법의 주거지역과 산업지역, 공공시설물의 피해액에 대하여 검토하였다. 주거지역의 피해액 산정방법과 기타 세부적인 산정방법은 ‘치수사업 경제성분석 방법연구(2004)’를 참고하기 바라며, 여기서는 다차원법을 보정한 주요 내용에 대해서만 설명하기로 한다.

3.1 배수펌프장 내수배제능력 고려

홍수범람도를 작성하고 침수면적을 구하는데 있어서 펌프를 고려하지 않으면, 실제보다 매우 큰 침수면적을 얻게 될 것이다. 홍수피해액은 침수면적과 침수심, 침수편입률 세 가지와 모두 관계가 되므로 펌프의 내수배제 능력을 고려한 것과 그렇지 않은 경우의 편익은 매우 많은 차이를 보이게 되므로 홍수피해액 산정을 위한 침수모의시에 펌프를 반드시 고려하여 내수배제에 의한 영향을 반영하도록 한다.

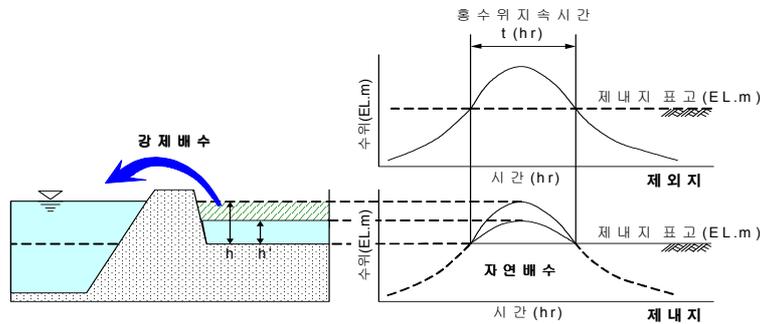


그림 1. 홍수위지속시간과 배수펌프장에 의한 강제배수

총 배제가능량은 홍수위지속시간(hr)동안 펌프의 토출량(m³/min)을 곱하여 산정하였다.

3.2 산업지역의 피해액 산정

유형고정자산이란, 토지·건물·구축물·기계장치·선박·차량운반구·공기구비품(工器具備品)·건설가계정(建設假計定) 등으로 구성되어 있는 것으로서 유형자산이라도 일반적으로 1년 이내에 소모될 수 있는 자산은 포함하지 않는다.

표 1. 산업분류별 시도별 종사자 1인당 유형고정자산 (단위: 천원)

산업분류	강원도	경기	경남	경북	광주	대구	대전	부산	서울	울산	인천	전남
D	405,968	325,311	166,910	405,276	123,451	98,546	85,789	108,840	52,610	371,108	152,923	490,785
E	966,077	913,783	1954,019	5,023,149	3141,316	981,942	1156,676	1446,642	790,375	648,999	1,663,252	2,497,601
F	77,395	29,028	43,207	40,748	77,510	39,054	165,880	144,027	111,321	13,626	71,737	28,929
G	29,531	12,169	7,346	9,596	13,822	12,121	14,485	16,832	16,886	15,032	13,607	8,345
H	35,853	0	690	5,964	1,263	762	3,654	9,578	8,353	2,289	0	1,467
I	109,096	66,270	54,206	85,427	134,398	44,370	99,830	311,922	436,062	160,021	75,810	73,038
J	53,376	45,575	57,674	47,683	40,786	153,971	48,233	36,671	158,867	50,355	29,131	44,646
K	19,379	52,371	36,551	19,049	15,071	6,887	72,634	4,415	23,588	3,154	13,561	86,429
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	39,356	116,701	44,736	156,585	119,618	74,602	107,536	90,109	155,428	49,486	53,872	41,261
N	37,958	30,799	24,652	35,114	11,713	28,955	74,074	26,539	19,168	26,647	23,763	58,422
O	18,362	25,058	23,814	5,316	9,310	8,906	8,722	1,475	5,712	11,894	0	17,232

그런데 다차원법에서 사용하는 유형고정자산은 토지와 건물에 대한 가치를 함께 고려하여 산업지역의 자산

을 다소 과대 평가하게 되므로 토지에 대한 가치를 제외하여 유형고정자산을 재산정하였다.

본 연구에서는 유형고정자산의 재산정을 위하여 각 시도별 공시지가와 통계청에서 제공하는 산업지역의 면적을 이용하여 토지의 가치를 유형고정자산에서 제외하였다. 재산정 하고자하는 자산은 산업분류별 면적에 각 시도별 표준공시지가를 곱한 후 유형고정자산에서 제외하였다.

재산정한 표 1의 값에 읍면동별 산업별 종사자수를 곱하여 자산을 산정한다.

$$\text{산업지역 자산가치(원)} = \text{산업분류별 종사자 1인당 자산 평가액(원/명)} \times \text{종사자수} \times \text{소비자 물가지수}$$

3.3 공공시설물

현재 우리나라는 일반자산에 대한 공공시설물의 피해율을 일본에서 제시한 1.694를 사용하고 있다.

본 연구에서는 서울특별시와 6개 광역시에 대하여, 7년간(1997~2003년)의 재해연보를 이용하여 특별시와 광역시의 일반자산피해액에 대한 공공시설물의 피해액 비율을 산정하여 보았다(표 2).

표 2. 도시지역의 일반자산에 대한 공공시설물 피해율

도로교량	하천	소하천	상하수도	항만	어항	학교
31.7%	40.5%	24.2%	4.3%	11.6%	1.9%	1.4%
철도	수리	사방	군사시설	소규모시설	기타	합
1.2%	10.5%	13.3%	12.8%	21.0%	29.2%	203.50%

산정된 피해율을 보면 다차원법에서, 사용하기에 다소 무리가 있어 보이는 600%의 피해율을 산정한 것과 비교하면 상당한 감소를 보이고 있다. 일본의 피해액 비율과 비교할 때도, 일본의 169%와 본 연구에서 산정한 203.5%는 크게 차이가 나지 않지만 우리나라의 자료를 이용하여 산정하였다는데 큰 의미가 있다고 판단된다.

4. 다차원법과의 비교

도림천 유역에 대하여 다차원법과 본 연구의 방법을 이용하여 편익을 산정한 후 비교하였다. ‘안양천유역 종합치수계획’(건설교통부, 2005)에서는 도림천에 지하방수로사업을 치수사업의 대안으로 제시하였다.

4.1 빈도별 피해액 산정

도림천 유역의 피해액은 주거지역피해, 비주거지역 피해, 공공시설물 피해액으로 구성된다. 빈도별 침수편입률과 침수심에 따른 피해율을 곱하여 도림천 지하방수로에 대한 빈도별 피해액을 산정하였다.

공공시설물의 경우, 일반자산피해액에 대한 공공시설물의 피해액 비율을 이용하여 산정하였다. 이 때에 다차원법은 일본의 계수인 1.694를 사용하였고, 본 연구는 3.3절에서 산정한 2.035를 사용하여 공공시설물의 피해액을 산정하였다.

4.2 연평균 피해경감기대액

일반적으로 연평균 피해경감 기대액은 홍수의 구간 생기확률(빈도의 역수)을 빈도별 구간 피해경감액에 곱하고, 이를 누계하여 산정한다.

표 3. 도립천 지하방수로 건설사업의 연평균 피해경감 기대액 (다차원법) (단위: 백만원)

유량 규모(년)	연평균 초과확률	사업전	사업후	피해 경감액	구간평균 피해경감액	구간 확률	연평균 피해경감액	연평균 피해경감액누계
50	0.0200	2,772,766	1,705,396	1,067,369				
80	0.0125	3,660,596	2,346,794	1,313,802	1,190,586	0.0075	8,929	8,929
100	0.0100	4,190,335	2,723,885	1,466,450	1,390,126	0.0025	3,475	12,405
150	0.0067	4,738,700	3,527,102	1,211,598	1,339,024	0.0033	4,463	16,868
200	0.0050	4,999,216	4,009,845	989,371	1,100,485	0.0017	1,834	18,702

표 4. 도립천 지하방수로 건설사업의 연평균 피해경감 기대액 (본 연구) (단위: 백만원)

유량 규모(년)	연평균 초과확률	사업전	사업후	피해 경감액	구간평균 피해경감액	구간 확률	연평균 피해경감액	연평균 피해경감액누계
50	0.0200	2,658,970	1,593,808	1,065,162				
80	0.0125	3,822,854	2,235,114	1,587,741	1,326,451	0.0075	9,948	9,948
100	0.0100	4,513,311	2,610,409	1,902,903	1,745,322	0.0025	4,363	14,312
150	0.0067	5,104,447	3,395,141	1,709,306	1,806,104	0.0033	6,020	20,332
200	0.0050	5,330,804	3,859,881	1,470,924	1,590,115	0.0017	2,650	22,982

4.3 편익의 추정

‘수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)(한국개발연구원, 2003)’에서 제시된 바와 같이 사업완료 후 50년간 편익이 발생하는 것으로 가정하였고, 4.2절에서 산정한 연평균 피해경감 기대액은 2004년 실질 GDP성장율인 4.67%를 이용하여 보정하였다.

경제성장에 따른 자산 가치의 증가를 반영하기 위한 연평균 경제성장률은 잠재성장률에 대한 한국개발연구원의 연구 결과를 이용하여 2004년부터 9년간(2004~2012년) 5.2%로, 2013년 이후 10년간(2013~2022년) 성장률이 매년 0.1%씩 감소, 2022년 이후에는 4.2%로 유지된다고 가정하여 편익을 산정하였다.

4.4 비용-편익비의 추정

비용편익비를 추정하는데 필요한 비용의 산정은 ‘목감천 방수로·도립천 지하방수로 건설사업 예비타당성 조사보고서(한국개발연구원, 2004)’를 참고하였다.

표 5. 비용의 현재가치화 (단위: 백만원)

연도	비용	연도	비용
2004	0	:	:
2005	0	2056	145
2006	1,435	2057	138
2007	2,286	2058	131
2008	14,113	2059	125
2009	19,898	2060	119
2010	18,327	2061	113
:	:	합 계	97,359

표 6. 편익의 현재가치화 (단위: 백만원)

연도	다차원법	본 연구	연도	다차원법	본 연구
2004	0	0	:	:	:
2005	0	0	2056	7,782	9,542
2006	0	0	2057	7,722	9,469
:	:	:	2058	7,664	9,397
2010	0	0	2059	7,605	9,326
2011	0	0	2060	7,547	9,255
2012	17,744	21,759	2061	7,490	9,184
:	:	:	합계	536,144	657,444

표 5는 비용을 현재가치화한 것으로 ‘예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제4판)(한국개발연구원, 2004)’에 따라 사회적 할인율을 운영 30년까지는 6.5%, 이후 5.0%를 적용하여 산출하였다. 표 6은 현재가치화한 편익을 보여준다.

표 5과 표 6을 이용하여 순현재가치(NPV), 비용-편익비, 할인율을 산정하면 표 7과 같다.

표 7. 다차원법과 본 연구를 이용한 비용-편익비

	다차원법	본 연구
NPV(백만원)	438,784	560,084
B/C	5.51	6.75
IRR(%)	23.26	26.77

5. 결 론

현재 치수경제성분석을 위하여 사용되고 있는 다차원법은 각 편익분류에 대한 자산을 이용하여 홍수피해를 예상하기 때문에 실제적이고 비교적 정확한 피해액을 산정할 수 있다. 그러나 도시지역의 홍수피해액을 산정하는 방법을 따로 제시하지 않고, 일반적인 방법을 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 다차원홍수피해 분석방법을 도시지역에 적합하도록 독립천 지하방수로 사업에 적용하여 경제성분석을 실시한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 다차원법과 본 연구의 방법은 침수심에 따른 피해율에 매우 큰 영향을 받는다. 따라서 도시지역에 있어서 침수도미시 배수펌프장의 내수배제능력을 고려하여 침수심을 산정하는 것은 예상홍수피해액을 실제피해액에 보다 가깝게 산정하는데 매우 중요한 요인이 된다.

2) 도시지역의 홍수피해액은 산업지역의 피해의 정도에 의해 크게 지배된다. 이러한 관점에서, 본 연구에서 토지의 가치를 제외하여 유형자산을 재산정하는 것이 좀 더 합리적일 것이라고 판단된다.

3) 7개 도시의 7년간의 재해연보 중, 호우, 호우/태풍으로 인한 피해액만을 고려하여 도시지역의 일반자산 피해에 대한 공공시설물의 피해율을 산정한 결과, 2.065의 값을 도출한 것은 현재 사용되고 있는 일본의 계수와 비교할 때 합리적이라고 판단된다.

4) 본 연구의 방법을 독립천 지하방수로 사업에 적용한 결과, 본 연구의 방법이 보정전의 다차원법보다 약 1.2배 큰 편익을 산정하였다. 이는 공공시설물의 피해율로 인한 것으로 판단된다. 공공시설물은 그 범위가 넓기 때문에 산정에 많은 어려움이 있지만, 피해 항목들 중 가장 큰 부분을 차지하므로, 보다 정확한 산정방안이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구(보고서)는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술 연구개발사업 (03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

- 건설교통부(2004), 치수사업 경제성분석 방법연구
- 건설교통부(2005), 안양천 유역종합치수계획 보고서
- 통계청(1999), 국부통계조사보고서
- 한국감정평가협회(2004), 표준지공시지가수준표
- 한국개발연구원(2001), 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(개정판)
- 한국개발연구원(2003), 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)
- 한국개발연구원(2004), 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제4판)
- 한국개발연구원(2005), 목감천 방수로·독립천 지하방수로 건설사업 예비타당성 조사보고서
- 행정자치부(1997~2003), 재해연보
- 최승안, 이충성, 심명필, 김형수(2006a), 다차원 홍수피해산정방법(I): 원리 및 절차, **한국수자원학회논문집**, 제39권 1호, pp.1~9
- 최승안, 이충성, 심명필, 김형수(2006b), 다차원 홍수피해산정방법(II): 적용, **한국수자원학회논문집**, 제39권 1호, pp.11~22
- US Army Corps of Engineers(1998), Comparing Benefit estimation techniques, IWR Report 98-R-2