

# 다차원 홍수피해산정방법을 이용한 도시지역의 홍수피해액 산정

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

이건행\* · 최승안\*\* · 김형수\*\*\* · 심명필\*\*\*\*

Lee, Keon Haeng · Choi Seung An · Kim, Hung Soo · Shim Myung Pil

### Abstract

A simple and an improved methods for the economic analysis of the flood control project has been in previous studies in Korea. In 2004, the Multi-Dimensional Flood Damage Analysis (MD-FDA) was developed and now it is widely used for the economic analysis of flood control project. However, the MD-FDA was developed for general damage assessment and analysis without consideration of specific regional characteristics such as urban and rural areas. To compensate the MD-FDA for the application in urban area, a part of damage estimation components is modified and a component for the flood damage estimation is suggested. The component we suggest is for the consideration of the capability of stormwater pump stations in the study area. When flood is occurred in the urban area, the damage potential is larger than the rural area because of the concentration of human lives and properties. So, many stormwater pump stations are located in the urban area and the inundation depth is estimated by considering the capabilities of pump stations. We also compensate the damage components such as the damages of industrial area, and public facilities for the flood damage estimation of the urban area. The results by the compensated MD-FDA for the urban area application with those by original MD-FDA are compared. As a result the B/C ratio showed 6.75 and 5.51 respectively for the modified and original MD-FDA. This difference might be largely affected by the damage rate of the public facilities.

**Keywords :** MD-FDA, economic analysis of flood control, B/C ratio, damage ratio of public facility

### 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 개발되었는데 본 논문에서는 도시지역에 적합하도록 다차원법의 홍수피해 산정 요소들을 보정하여 적용하고자 하였다. 즉, 다차원법에서 제시하고 있는 피해액 산정 항목들 중 도시지역 분석을 위해 일부를 보정 또는 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 항목은 배수펌프장의 내수배제능력을 고려해 침수모의를 수행하여 침수 예상지역에 대한 침수심을 산정하는 것이다. 그리고 보정한 항목으로는 산업지역의 피해, 공공시설물의 피해율 등에 대한 것으로 도시지역의 피해액 산정을 위해 수정하여 적용하였다. 도립천의 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 항목들 중, 많은 비중을 차지하는 공공시설물피해 항목에 의한 영향의 크기 때문인 것으로 판단된다.

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

### 1. 서 론

홍수리는 자연재해를 원천적으로 차단한다는 것은 불가능하지만, 체계적이고 견고한 방재대책을 수립함으로써 피해를 감소할 수 있다. 그러나 이러한 홍수피해 등의 자연재해를 감소시키기 위한 방재사업은 끊임없이 계속되어야 하기 때

문에, 우리는 가장 효율적인 방법을 채택하여야 할 필요성이 있으며, 이러한 작업이 치수사업에 있어서의 치수경제성 분석이라 할 수 있다.

이러한 치수사업의 타당성에 대한 근거로서 치수사업으로 인한 편익을 산정하여 비용-편익분석(cost-benefit analysis: CBA)을 실시하는 것이 일반적이다. 비용-편익분석이란, 투자

\*정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 박사과정(E-mail : ggun@inha.ac.kr)  
\*\*정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 박사과정(E-mail : sachoi@inha.ac.kr)  
\*\*\*정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 교수(E-mail : sookim@inha.ac.kr)  
\*\*\*\*정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 교수 (E-mail : shim@inha.ac.kr)

의 적정규모는 얼마인지, 여러 대안에서 투자의 우선순위 등을 평가하는 이론적 분석기술을 말한다.

그런데, 최근에는 비용-편익비만을 이용한 사업우선순위 결정이 단순하여 환경, 정책적인 문제 등을 반영하기 어려운 점이 인식되어 AHP(Analytic Hierarchy Process)기법 등을 활용하여 사업을 채택하고 있지만, 기본적으로 비용-편익비는 1이상이 되어야만 경제적 측면에서 효율적인 치수사업으로서 평가가 되어지므로 사업의 시행여부를 결정하는데 있어서 가장 중요한 요소이다. 그러므로 비용-편익의 분석은 가장 중요하면서도 가장 기본적인 치수경제성 분석의 지표가 된다.

이때에 편익은 피해액 감소의 정도가 되며, 이러한 홍수피해액 평가를 위하여 우리나라에서는 간편법을 근간으로 하여 평가방법을 수정하고 보완하여 왔다. 즉, 간편법의 개선을 위한 개선법(건설교통부, 2001) 그리고 개선법의 문제점을 수정 보완하고 보다 더 발전시킨 다차원 홍수피해산정방법(Multi-Dimensional Flood Damage Analysis, MD-FDA)(건설교통부, 2004; 최승안 등, 2006)의 순으로 홍수 피해액을 평가하였다. 그러나 이들 방법론들은 도시, 농촌 등의 구분없이 보편적인 피해항목 설정과 산정기법을 설명하고 있다. 최근 집중호우 등으로 인해 피해가 급증하고 있는 도시지역의 홍수 피해액을 산정하기 위하여 보정이 필요할 것으로 생각된다. 게다가 도시지역은 많은 인구와 산업자원이 집중되어 있기 때문에 도시화 되지 않은 지역과는 구분하여 피해액을 산정하는 것이 보다 정확한 피해액을 산정할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 도시지역에 적합한 홍수 피해액 산정 기법을 개발하는 것이 필요하지만, 본 연구에서는 다차원 홍수피해산정방법을 이용하여 도시지역에 적합하도록 변형해 적용하고자 하였다.

## 2. 다차원 홍수피해산정방법

다차원 홍수피해산정방법(이하 다차원법)에서는 직접편익을 산정하기 위하여 편익을 주거지역, 농업지역, 산업지역, 공공시설물 피해 경감으로 구분하였다. 공공시설물을 제외한 각각의 편익은 통계자료를 이용하여 자산을 산정하고 침수심과 침수편입률에 따른 피해율을 곱하여 피해액을 산정한다.

다. 자산을 직접 산출하여 피해액을 산정하기 때문에, 개선법이 침수면적만을 고려하여 산정하는 것에 비하여 훨씬 정확하다고 할 수 있다. 또한 침수심별로 피해의 정도가 다르게 나타나는 것을 충분히 반영할 수 있게 되었다. 개선법은 침수면적을 변수로 하는 회귀식으로 제안되어 침수면적이 작은 경우, 상수항의 지배를 크게 받아 B/C가 실제보다 크게 산출된다. 이와 비교 할 때, 다차원법은 침수면적과 침수심을 함께 고려함으로써 보다 정확한 산출을 가능하게 한다(최승안 등, 2006a, 2006b).

## 3. 도시지역의 홍수피해액 산정

다차원법이 실제피해액과 가까운 예상홍수피해액을 산정하기 위하여 선택한 가장 큰 요소는 각 편익분류별 자산이라 할 수 있다. 따라서 다차원법이 얼마나 정확하게 피해액을 예상하느냐의 문제는 자산이 얼마나 정확하게 조사되어 있느냐에 달려 있으며, 정확한 자산을 알지 못하는 경우에는 오히려 약점으로 작용할 우려가 있다.

본 연구에서는 도시지역의 홍수피해분석을 위하여 다차원법의 주거지역과 산업지역, 공공시설물의 피해액에 대하여 검토하였다. 주거지역의 피해액 산정방법은 '치수사업 경제성분석 방법연구(2004)'를 참고하기 바라며, 본 절에서는 도시지역의 내수배제를 고려한 침수위 계산시의 배수펌프장, 다차원법을 보정한 항목들인 산업지역의 유형고정자산 산정과 공공시설물의 피해율을 위주로 설명하고자 한다.

### 3.1 배수펌프장 내수배제능력 고려

홍수피해가 빈번하거나, 피해의 가능성이 높은 곳에는 배수펌프가 설치되어 있다. 홍수범람도를 작성하고 침수면적을 구하는데 있어서 펌프를 고려하지 않으면, 실제보다 매우 큰 침수면적을 계산하게 되므로 예상홍수 피해액이 과다하게 산정될 우려가 있다. 비용-편익비를 산정함에 있어서 사업전·후의 두 경우에 모두 펌프를 통한 내수배제를 고려하지 않는다면 크게 문제가 되지 않는다고 생각될지 모르나, 홍수피해액은 침수면적과 침수심, 침수편입률 세 가지와 모두 관계가 되므로 펌프의 내수배제 능력을 고려한 것과 그렇지 않은 경우의 편익은 매우 많은 차이를 보이게 된다. 따라서

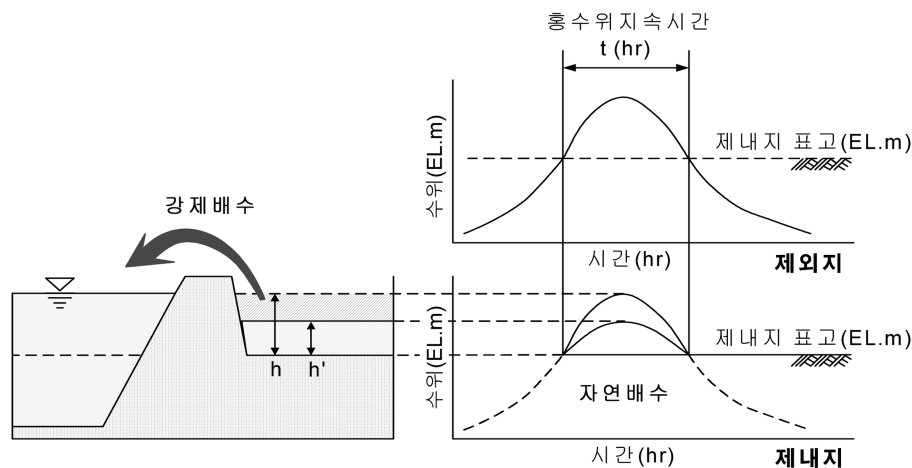


그림 1. 홍수위지속시간과 배수펌프장에 의한 강제배수

본 연구에서는 홍수피해액 산정을 위한 침수모의시에 펌프를 반드시 고려하여 내수배제에 의한 영향을 반영하여 침수심을 산정하였다.

총 배제가능량은 그림 1(이충성 등, 2006)에 나타나 있듯이 홍수위지속시간(hr)동안 펌프의 토출량(m<sup>3</sup>/min)을 곱하여 산정하였다.

### 3.2 산업지역

사업체의 내용물은 유형고정자산 및 재고자산으로 나뉜다. 이와 같이 나누어 산정하는 것은 '국부통계조사보고서'(통계청, 1999) 등에서 이들 자산에 대한 조사가 이루어져 있으므로 쉽게 자산을 책정하여 제안할 수 있기 때문이다.

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. 그리고, 재고자산이란, 유동자산 중 상품이나 제품과 같이 재고조사에 의해 실제의 현 재고를 확인할 수 있는 자산을 의미한다. 그런데 다차원법에서는 유형고정자산의 자산을 계산할 때 토지와 건물에 대한 가치를 함께 고려하여 산업지역의 자산을 다소 과대 평가하게 된다. 즉, 토지가 홍수로 인하여 입게 되는 피해는 없으므로 토지에 대한 가치가 이들 자산에 포함됨으로써 다소 과대 산정이 이루어지게 된다. 따라서 토지에 대한 가치를 유형고정자산에서 제외하여 자산을 재산정하였다.

본 연구에서는 유형고정자산의 재산정을 위하여 각 시도별 공시지가와 산업지역의 면적을 이용하였다. 통계청에서는 각 시도별 산업분류별 면적에 대한 자료를 제공하고 있다. 이를 이용하여 토지의 가치를 유형고정자산에서 제외하였다. 이때에 농업, 수렵업, 임업, 어업, 광업 등 본 연구의 범위와 상관이 적은 항목과 사업의 성격상 사업장의 면적이 매우 적거나, 사업이 사업장보다는 외부에서 많이 시행되는 건설업, 운수업, 통신업, 전기·가스 수도사업, 교육서비스업, 공공행정·국방 및 사회보장 행정업은 사업체 기초통계조사 보고서에서 제시한 유형고정자산액을 그대로 사용하였다. 다시 말하면, 토지의 가치를 포함한 상태로 재산정하였다. 재산정

하고자하는 자산은 산업분류별 면적에 각 시도별 표준공시지가를 곱한 후 유형고정자산에서 제외하였다.

공시지가는 한국감정평가협회에서 제공하는 표준지공시지가수준표(한국감정협회, 2004)의 중간값을 이용하였다. 표준지공시지가수준표는 토지를 사용 형태에 따라 상업용, 주거용, 공업용, 농경지, 임야, 기타로 구분하였다. 본 연구에서는 비주거용 건물, 즉 산업지역의 토지가치 평가를 위하여 상업용 토지와 공업용 토지를 산업지역의 특성을 가지는 토지로 포함하였다. 그리고 산업대분류의 각 항목을 상업 특성을 가진 사업과 공업 특성을 가진 사업으로 구분하였다. 위와 같은 방법을 통해 산업분류별 시도별 유형고정자산을 재산정하여 표 1에 나타내었다.

산업대분류에 따라 그림 1에서 제시된 종사자 1인당 자산 가치에 읍면동별 산업별 종사자수를 곱하여 자산을 산정한다.

$$\begin{aligned} & \text{비주거용 건물 자산가치(원)} \\ & = \text{산업분류별 종사자 1인당 자산 평가액(원/명)} \times \\ & \quad \text{종사자수} \times \text{소비자 물가지수} \end{aligned} \quad (1)$$

### 3.3 공공시설물

공공시설물은 종류와 크기가 다양하기 때문에 피해를 예측하는 것이 쉽지 않다. 그렇기 때문에 따로 산정하는 방법을 사용하지 않고, 일반자산의 피해액에 대한 비율을 이용하여 계산한다. 현재 우리나라는 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. 재해연보가 과거 매우 긴 기간동안 존재함에도 불구하고 7년의 재해연보만을 사용한 것은, 공공시설물의 피해항목이 동일하기 때문이다. 동일한 피해항목에 대하여 피해가 조사되어 있지 않다면, 항목간의 이동이 불가피하게 되므로 정확한 피해율을 산정하는데 어려움이 있기 때문이다. 또한, 재해연보의 원인별 피해 중, 호우, 호우/태풍으로 인한 피해액만을 사용하여 계산하였다. 태풍, 폭설, 폭풍으로 인한 피해액을 포함하여 공공시설물의 피해율을 산정하는 경우, 본

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	1,954,019	5,023,149	3,141,316	981,942	1,156,676	1,446,642	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

표 2. 7개시의 일반자산에 대한 공공시설물의 피해율

구분	서울특별시	부산광역시	인천광역시	대전광역시	대구광역시	광주광역시	울산광역시
피해율	4.436	32.826	2.471	12.054	0.797	1.882	8.357

연구에서 산정하고자 하는 홍수피해액의 범위가 확대되고, 피해율을 재산정하고자 하는 의도에 어긋나게 될 우려가 있기 때문이다.

표 2에서 제시된 피해율은 위와 같이 산정한 각 종류별 공공시설물의 일반자산에 대한 피해율을 시별로 합한 값이다. 표 2를 보면, 각 시(市)들 간에 공공시설물의 피해율의 차이가 매우 큼을 알 수 있다. 이는 태풍, 폭설, 폭풍에 의한 피해를 제외함에 따라 각 시(市)에 대하여 매년 피해액이 존재하지는 않았기 때문이다. 부산의 피해율이 타 도시에 비하여 큰 것은 1999년 태풍 올가(OLGA)와 200년 태풍 프라피룬(PRAPIROON)의 영향으로 하천과 도로 등의 피해가 컸기 때문이다.

보여지는 바와 같이 태풍, 폭설, 폭풍 등 호우에 의한 홍수 피해가 아닌 피해원인을 고려하지 아니하였음에도 불구하고 각 시들 사이에서, 또는 매해의 각 시별 자료에서 일반적인 피해율을 도출해내기가 매우 어려움을 알 수 있다. 따라서 시별 피해율을 제시하기에는 어려움이 있다. 따라서, 위의 7개 시(市)의 피해액을 합하여 평균적으로 계산하여 보다 일반적인 피해율을 산정하였다. 표 3은 7개시의 일반자산에 대한 공공시설물의 피해율의 평균값이다.

산정된 피해율을 보면 다차원법에서 제시한 값의 23%정도의 수준으로 다차원법에서 1년간의 재해연보를 사용함으로써 인하여 다양한 홍수 유형을 고려하지 못하게 되어 홍수에 대하여 일반적인 공공시설물의 피해율을 산정하는 것이 어려워, 사용하기에 다소 무리가 있어 보이는 600%의 피해율을 산정한 것과 비교하면 상당한 감소를 보이고 있다. 일본의 피해액

표 3. 도시지역의 일반자산에 대한 공공시설물 피해율

도로교량	하천	소하천	상하수도	항만	여항	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%

표 4. 연평균 피해경감 기대액 산정절차

(1) 유량 규모	(2) 연평균 초과 확률	피해액			(4) 구간 평균 피해 경감액	구간 확률	(5) 연평균 피해 경감액	(6) 연평균피해 경감액 누계
		사업전	사업후	(3) 피해 경감액				
$Q_0$				$D_0(=0)$	$\frac{D_0+D_1}{2}$	$N_0-N_1$	$d_1 = (N_0-N_1) \times \frac{D_0+D_1}{2}$	$d_1$
$Q_1$				$D_1$	$\frac{D_0+D_1}{2}$	$N_0-N_1$	$d_2 = (N_0-N_1) \times \frac{D_1+D_2}{2}$	$d_1+d_2$
$Q_2$				$D_2$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$				$\frac{D_{m-1}+D_m}{2}$	$N_{m-1}-N_m$	$d_m = (d_{m-1}+N_m) \times \frac{D_{m-1}+D_m}{2}$	$d_1+d_2+\dots+d_m$
$Q_m$	$N_m$			$D_m$				

출처) 건설교통부(2004), 치수사업 경제성분석 방법연구

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

도립천 유역에 대하여 다차원법과 본 연구의 방법을 이용하여 편익을 산정한 후 비교하였다. ‘안양천유역종합치수계획’(건설교통부, 2005)에서는 목감천에 방수로사업을, 도립천에 지하방수로사업을 치수사업의 대안으로 제시하였는데, 목감천 유역은 행정구역상 경기도와 서울특별시에 걸쳐 있고, 농경지를 포함하고 있기 때문에, 총피해액 산정시 본 연구의 범위를 벗어나므로 도립천 유역을 대상으로 편익을 산정하여 다차원법과 비교하였다.

##### 4.1 빈도별 피해액 산정

농업이나 어업, 광업 등 도시지역의 특성과는 거리가 있다고 생각되는 성격을 포함하고 있지 않은 도립천 지역에 대한 편익을 산정하도록 결정하였으므로, 피해액은 주거지역피해, 비주거지역 피해, 공공시설물 피해액으로 구성된다. 빈도별 침수편입률과 침수심에 따른 피해율을 곱하여 도립천 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 4는 연평균 피해경감 기대액의 산정 과정을 보여준다. 유량규모에 따라 사업전과 사업후의 피해

표 5. 도립천 지하방수로 건설사업의 연평균 피해경감 기대액 (다차원법)

(단위: 백만원)

유량규모 (년)	연평균초과 확률	사업전	사업후	피해 경감액	구간평균 피해경감액	구간 확률	연평균 피해경감액	연평균 피해경감액 누계
50	0.0200	2,772,766	1,705,396	1,067,369	1,190,586	0.0075	8,929	8,929
80	0.0125	3,660,596	2,346,794	1,313,802				
100	0.0100	4,190,335	2,723,885	1,466,450				
150	0.0067	4,738,700	3,527,102	1,211,598				
200	0.0050	4,999,216	4,009,845	989,371				

표 6. 도립천 지하방수로 건설사업의 연평균 피해경감 기대액 (본 연구)

(단위: 백만원)

유량 규모 (년)	연평균 초과 확률	사업전	사업후	피해 경감액	구간평균 피해경감액	구간 확률	연평균 피해경감액	연평균 피해경감액 누계
50	0.0200	2,658,970	1,593,808	1,065,162	1,326,451	0.0075	9,948	9,948
80	0.0125	3,822,854	2,235,114	1,587,741				
100	0.0100	4,513,311	2,610,409	1,902,903				
150	0.0067	5,104,447	3,395,141	1,709,306				
200	0.0050	5,330,804	3,859,881	1,470,924				

경감액을 산정하여 각 구간별 확률을 곱하여 연평균 피해 경감액을 산출하고 이를 누계하여 연평균피해경감액누계액을 산출하는데 이 값을 사용하게 된다.

표 4와 같은 방법에 의하여 사업 전·후의 연평균 피해경감 기대액의 계산과정과 결과를 표 5와 표 6에 정리하였다. 즉, 50년, 80년, 100년, 150년, 200년의 유량 규모별 피해액을 산정 후, 각 구간의 평균에 구간발생확률을 곱하여 예상피해액을 산정하였다. 이를 도립천 지하방수로 사업전과 사업후에 대하여 산정하여 피해경감액을 도출하였다.

4.3 편익의 추정

수공 구조물의 수명연한을 일반적으로 50년으로 본다. 또한 '수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)(한국개발연구원, 2003)'에서 제시된 바와 같이 본 연구에서는 사업완료 후 50년간 편익이 발생하는 것으로 가정하였다.

치수사업에 의한 편익은 연평균 피해경감 기대액을 기초로 하여 산정되는 홍수피해 절감편익이다. 4.2절에서 산정한 연

평균 피해경감 기대액은 2004년 실질 GDP성장율인 4.67%를 이용하여 보정하였다. 따라서 표 4와 표 5에서 계산된 다차원법의 연평균 피해경감 기대액 187.02억원과 본 연구의 연평균 피해경감 기대액 229.82억원은 각각 195.75억원과 240.55억원이 된다.

경제성장률에 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 가정하였다.

표 7에서 경제성장률을 고려하여 다차원법과 본 연구의 방법을 이용하여 산정한 도립천 지하방수로 사업의 홍수피해 절감편익을 비교하였다. 비교 결과, 본 연구의 방법이 다차원법을 이용한 편익보다 1.22배 크게 산정되었다.

4.4 비용-편익비의 추정

비용편익비를 추정하는데 필요한 비용의 산정은 '목감천 방수로·도립천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사보고서

표 7. 도립천 지하방수로 홍수피해 절감편익

(단위: 백만원)

년도	다차원법	본 연구	경제성장률	년도	다차원법	본 연구	경제성장률
2004	0	0	0.052	:	:	:	:
2005	0	0	0.052	2052	141,050	173,323	0.042
2006	0	0	0.052	2053	146,975	180,602	0.042
2007	0	0	0.052	2054	153,147	188,188	0.042
2008	0	0	0.052	2055	159,580	196,092	0.042
2009	0	0	0.052	2056	166,282	204,327	0.042
2010	0	0	0.052	2057	173,266	212,909	0.042
2011	0	0	0.052	2058	180,543	221,851	0.042
2012	29,366	36,085	0.052	2059	188,126	231,169	0.042
2013	30,630	37,638	0.051	2060	196,027	240,878	0.042
2014	31,887	39,183	0.050	2061	204,260	250,995	0.042
:	:	:	:	합계	4,438,756	5,454,346	

표 8. 사업비의 연차별 배분 계획

(단위: 백만원)

구분	계획기간		건설기간				합계
	1	2	3	4	5	6	
연차별사업비	1,628	2,762	18,155	27,261	26,742	17,933	94,481
1. 공사비	-	-	16,016	24,024	24,024	16,016	80,081
공사비	-	-	8,898	13,347	13,347	8,898	44,489
기타	-	-	7,118	10,677	10,677	7,118	35,592
2. 부대비	1,480	2,511	286	286	286	286	5,136
기본설계비	1,039	-	-	-	-	-	1,039
실시설계비	-	2,070	-	-	-	-	2,070
감리비	-	-	286	286	286	286	1,145
조사및측량비	440	440	-	-	-	-	881
3. 예비비	148	251	1,650	2,478	2,431	1,630	8,589
4. 용지보상비	-	-	203	473	-	-	675
용지	-	-	203	473	-	-	675

출처) 한국개발연구원(2004), 목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성 조사보고서  
 주) 공사비와 부대비는 부가가치세를 제외한 금액임.

표 9. 비용의 현재가치화 (단위: 백만원)

연도	비용	연도	비용	연도	비용	연도	비용
2004	0	2019	1,203	2034	468	2049	204
2005	0	2020	1,130	2035	439	2050	194
2006	1,435	2021	1,061	2036	413	2051	185
2007	2,286	2022	996	2037	387	2052	176
2008	14,113	2023	935	2038	364	2053	168
2009	19,898	2024	878	2039	342	2054	160
2010	18,327	2025	825	2040	321	2055	152
2011	11,540	2026	774	2041	301	2056	145
2012	1,870	2027	727	2042	287	2057	138
2013	1,756	2028	683	2043	273	2058	131
2014	1,649	2029	641	2044	260	2059	125
2015	1,548	2030	602	2045	248	2060	119
2016	1,454	2031	565	2046	236	2061	113
2017	1,365	2032	531	2047	225		
2018	1,282	2033	498	2048	214		
						합계	97,359

(한국개발연구원, 2004)를 참고하였으며 표 8과 같이 연차별 사업비를 분배하였다.

표 9는 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 10은 현재가치화한 편익을 보여준다.

표 9와 표 10을 이용하여 순현재가치(NPV), 비용-편익비, 내부수익율을 산정하면 표 11과 같다. 여기서 IRR(Internal rate of return)은 내부수익률로서 비용-편익비가 1이 되는 할인율을 의미하며 순현재가치로 평가할 때는 순현재가치가 1이 되도록 하는 할인율을 의미한다. 이를 식으로 표현하면 다음 식(2)와 같고 식(2)에서  $\gamma$ 값이 IRR값이 된다.

$$\frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (2)$$

### 5. 결론

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 다차원홍수피해분석방법을 도시지역에 적합하도록 적용하였다.

실제 홍수 발생시, 배수펌프장을 가동하게 되는데 이를 고려함으로써 실제 침수위에 가까운 침수위를 산정하고자 하였다. 산업지역의 경우, 다차원법이 토지의 가치를 포함하여 피해액을 산정함으로써 과도한 추정을 하는 것을 보완하여 토지의 가치를 제외한 유형고정자산의 가치를 제시하였다. 일반자산에 대한 공공시설물의 피해율은 피해항목이 동일한 7개년도의 재해연보를 이용하여 재산정한 결과, 평균 2.035로 산정되었다. 이를 바탕으로 도림천 지하방수로 사업에 대한 경제성분석을 실시하여 비용-편익비를 산정한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 다차원법과 본 연구의 방법은 침수심에 따른 피해율에 매우 큰 영향을 받는다. 따라서 도시지역에 있어서 침수모의 시 배수펌프장의 내수배제능력을 고려하여 침수심을 산정하는 것은 예상홍수피해액을 실제피해액에 보다 가깝게 산정하는데 매우 중요한 요인이 된다고 할 수 있다.
2. 도시지역에 밀집되어 있는 산업자원으로 인하여, 도시지역의 홍수피해액은 산업지역의 피해의 정도에 의해 크게 지배된다. 따라서 산업지역에 대한 자산가치의 추정이 편익산정에 영향을 미칠것으로 생각된다. 이러한 관점에서, 본 연구에서 토지의 가치를 제외하여 유형자산을 재산정하는 것이 좀 더 합리적인 것이라고 판단된다.

표 10. 편익의 현재가치화

(단위: 백만원)

연도	다차원법	본 연구	연도	다차원법	본 연구	연도	다차원법	본 연구
2004	0	0	:	:	:	:	:	:
2005	0	0	2031	10,857	13,313	2051	8,085	9,914
2006	0	0	2032	10,623	13,026	2052	8,023	9,839
2007	0	0	2033	10,393	12,745	2053	7,962	9,764
2008	0	0	2034	10,169	12,469	2054	7,902	9,689
2009	0	0	2035	9,949	12,200	2055	7,841	9,615
2010	0	0	2036	9,734	11,937	2056	7,782	9,542
2011	0	0	2037	9,524	11,679	2057	7,722	9,469
2012	17,744	21,759	2038	9,318	11,427	2058	7,664	9,397
2013	17,378	21,310	2039	9,117	11,180	2059	7,605	9,326
2014	16,987	20,830	2040	8,920	10,938	2060	7,547	9,255
2015	16,573	20,323	2041	8,728	10,702	2061	7,490	9,184
2016	16,139	19,790	2042	8,661	10,621			
:	:	:	:	:	:	합계	536,144	657,444

표 11. 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

3. 7개 도시의 7년간의 재해연보 중, 호우, 호우/태풍으로 인한 피해액을 고려하여 도시지역의 일반자산피해에 대한 공공시설물의 피해율을 산정한 결과, 2.065의 값을 도출한 것은 비도시지역의 3.030과 비교할 때, 하천, 수리시설 등의 정비가 비교적 잘 되어 있는 도시지역의 하천 특성을 반영하는 것이라고 생각된다.
4. 본 연구의 방법을 도입한 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 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연

구성과입니다.

**참고문헌**

건설교통부(2001) 치수사업 경제성분석 개선방안 연구  
 건설교통부(2004) 치수사업 경제성분석 방법연구  
 건설교통부(2005) 안양천 유역종합치수계획 보고서  
 이충성, 최승안, 심명필, 김형수(2006) GIS기반의 분포형 홍수피해산정 기법, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제26권 제2B호, pp. 301-310.  
 최승안, 이충성, 심명필, 김형수(2006a) 다차원 홍수피해산정방법 (I): 원리 및 절차, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제39권 1호, pp. 1-9.  
 최승안, 이충성, 심명필, 김형수(2006b) 다차원 홍수피해산정방법 (II): 적용, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제39권 1호, pp. 11-22.  
 통계청(1999) 국부통계조사보고서  
 한국감정평가협회(2004) 표준지공시지가수준표  
 한국개발연구원(2001) 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준 지침 연구(개정판)  
 한국개발연구원(2003) 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준 지침 연구(제3판)  
 한국개발연구원(2004) 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제4판)  
 한국개발연구원(2005) 목감천 방수로·도립천 지하방수로 건설사업 예비타당성 조사보고서.  
 행정자치부(1997-2003) 재해연보  
 US Army Corps of Engineers (1998) Comparing Benefit estimation techniques, IWR Report 98-R-2.

(접수일:2006.1.13/심사일:2006.4.10/심사완료일:2006.5.8)