

도시지역과 전원지역의 홍수피해 비교를 통한 홍수피해산정방법의 적정성 평가

Adequacy Evaluation of Flood Damage Assessment Models
by Comparing Flood Damages between Urban and Rural Area

이충성 인하대학교 환경토목공학부 박사과정(제1연구자)

최승안 인하대학교 환경토목공학부 박사과정

심명필 인하대학교 환경토목공학부 교수

장준경 한국개발연구원 전문위원

※ 주요단어 : 개선법, 경제성분석, 다차원법, 치수사업, 홍수피해산정

목 차

I. 서론

II. 홍수피해산정방법의 이론 및 비교

1. 개선홍수피해산정법
2. 다차원홍수피해산정법
3. 개선법과 다차원법의 비교

III. 대상지역들의 홍수피해 산정

1. 적용대상지역
2. 적용 및 결과
3. 피해산정 결과의 비교

IV. 분석 및 고찰

1. 지역낙후도지수에 따른 분석
2. 지역특성에 따른 개선법의 결과 분석

V. 결론

I. 서론

최근의 홍수피해는 기후변화로 인한 대규모 홍수와 경제발전에 따른 자산가치의 상승으로 과거에 비해 크게 증가하는 추세다. 따라서 많은 예산이 투입되는 치수사업은 그 성공여부가 국가경제 전반에 걸쳐 큰 영향을 미치게 되므로 정확하고 합리적인 경제성분석을 바탕으로 타당성을 판단해야 한다.

치수경제성분석에서 주로 기술적 분석으로 추정되는 비용은 여타 공공사업과 큰 차이가 없으며 그 산출과정도 비교적 명확하다. 그러나 치수사업의 편익은 경제지표로 드러나는 실체적 이득이 아닌 피해 절감에 따른 무형의 이득이다. 따라서 사업 전은 물론 사업 후에도 편익의 실체가 완벽히 검증되기는 쉽지 않고, 이 점이 여타 공공사업에 비해 치수사업의 경제성분석이 갖는 특수성이다. 따라서 장래 홍수피해에 대한 예측은 사업의 추진에 있어 중요한 부분을 차지하는 동시에 매우 민감한 사안이다.

국내에 경제성분석을 위해 본격적으로 홍수피해산정방법이 등장한 것은 「하천시설기준」(건설부, 1985; 건설교통부, 1993)에 ‘간편법’이 제시되면서부터다. 이 방법은 농업피해를 산정한 후 다른 피해항목들을 모두 농업피해에 계수를 곱하여 산정하였는데 지나치게 농업피해 위주의 산정으로 편익이 과소 추정되는 단점이 있었다. 이에 건설교통부(2001; 2002)는 과거 홍수피해 자료를 이용하여 회귀식을 산정한 ‘개선법’을 개발한 바 있고, 최근에는 건설교통부(2004a; 2004b)에서 대상지역의 자산조사와 지리정보시스템(GIS)을 이용하는 ‘다차원법’을 개발하였다.

외국에서도 최근 다양한 홍수피해산정모형을 개발하고 있다. 일본에서는 자산조사와 홍수범람모형

을 지리정보시스템(GIS)과 연계한 FDAM(Flood Damage Assessment Methodology)을 개발하였으며(Dutta and Herath, 1998), 미국은 미육군공병단(USACE)에서 위험도분석을 고려한 홍수피해산정모형인 HEC-FDA(Flood Damage Analysis)를 개발하여 사용하고 있다(USACE, 1998). 호주는 침수심-피해 관계의 개념을 이용하여 주거, 상업, 산업피해와 사회·경제활동, 토지, 비구조물에 대한 피해등도 고려하고 있으며(BTRE, 2002), 체코에서는 자산정보, 경제적 자료, 수문자료 등을 지리정보시스템과 연계한 FAT(Flood Analysis Toolbox)라는 홍수피해산정모형을 개발해 사용하고 있다(Biza et al., 2001).

본 연구에서는 국내 홍수피해산정방법 중 최근 사용되어왔던 대표적 방법인 ‘개선법’과 ‘다차원법’을 실제 하천유역에 적용함으로써 적정성을 평가하고자 한다. 특히, 지역특성 반영에 대한 설명력이 홍수피해산정방법의 핵심이라는 판단하에 적용대상지역을 도시지역과 전원지역으로 구분하고 두 방법에 의해 산정된 홍수피해 결과를 비교·분석하였다.

II. 홍수피해산정방법의 이론 및 비교

1. 개선홍수피해산정법

개선홍수피해산정법(건설교통부, 2002)은 기존의 ‘간편법’을 개선하였다는 의미에서 ‘개선법’으로 지칭되고 있다. 이 방법은 과거의 피해자료를 통계처리한 회귀식을 사용하는 방법이다. 개선법에서는 침수면적-피해액 회귀식을 도시유형별로 유도하였는데 전국의 도시들을 <표 1>과 같은 기준에 따라 5가지 특성별로 분류하였다.

피해액의 상관관계를 도출하기 위해서는 10년

〈표 1〉 도시의 유형별 구분

구분	적용 기준
대도시	인구 100만 명 이상의 광역시급 도시
중소도시	인구 100만 명 미만의 일반시급 도시
전원도시	인구증가 등으로 인해 군 전체가 시로 승격된 도시
농촌지역	군급도시 중 인구밀도 500인/km ² 이상, 임야면적 70% 미만인 도시
산간지역	농촌지역 이외의 군급도시

출처: 건설교통부, 2001, 「치수사업 경제성분석 개선방안 연구」.

간(1989~1998)의 재해연보를 이용하여 침수면적-피해액의 관계식을 도출하였다. 그러나 이재민 피해, 인명피해, 농작물피해의 경우 ‘간편법’에서 사용하던 원단위를 계속 이용하였다. 〈표 2〉는 도시유형별 구분과 침수면적별 피해액 관계식을 나타내고 있다.

〈표 2〉 도시유형별 침수면적-피해액 관계식

(단위: 백만 원, ha)

대상지역	변수	피해액		변수	피해액	
		상수항	침수면적항		상수항	침수면적항
대도시지역	건물	0.23294	$0.245s^2$	공공시설	0.53365	$0.149s^2$
	농경지	0.09896	$0.288s^2$	기타	0.03835	$1.741\sqrt{s}$
중소도시지역	건물	0.55283	$0.182s^2$	공공시설	0.85311	$0.060s^2$
	농경지	0.63246	$0.150s^2$	기타	0.12471	$0.356s^2$
전원도시지역	건물	0.13849	$0.302s^2$	공공시설	0.38754	$0.215s^2$
	농경지	0.00528	$0.353s^2$	기타	0.11562	$0.310s^2$
농촌지역	건물	0.01164	$0.286s^2$	공공시설	0.38670	$0.157s^2$
	농경지	0.11744	$0.226s^2$	기타	0.49185	$0.130s^2$
산간지역	건물	0.41041	$0.271s^2$	공공시설	0.67713	$0.148s^2$
	농경지	0.64000	$0.165s^2$	기타	0.27659	$0.332s^2$

주1: s = 침수면적(ha)/도시유형별 평균침수면적(ha)

주2: 평균침수면적(ha) : 대도시 875.3, 중소도시 303.0, 전원도시 1,001.4, 농촌 761.2, 산간 139.6

출처: 건설교통부, 2001, 「치수사업 경제성분석 개선방안 연구」.

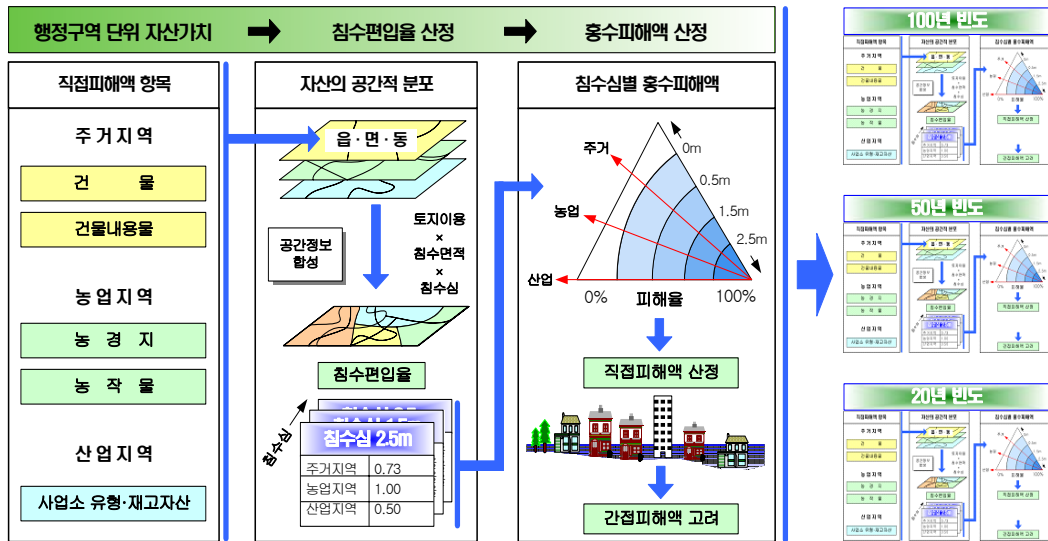
2. 다차원홍수피해산정법

기존보다 정밀한 홍수피해산정을 위해 건설교통부(2004a)에서 개발한 다차원홍수피해산정법(Multi-Dimensional Flood Damage Assessment: MD-FDA)은 〈표 3〉과 같이 통계자료를 조사하여 산정하는 일반자산 피해 5개항목과 ‘간편법’의 원단위를 이용한 인명/이재민피해, 일반자산 피해에 비율계수를 곱하여 계산하는 공공시설피해 등 총 7가지 피해항목으로 구성되어 있다.

〈그림 1〉은 다차원법의 피해산정 절차를 나타낸 것으로 피해지역의 읍·면·동 단위 행정구역, 침수면적 및 침수심, 토지이용 등의 공간정보를 지리정보시스템을 활용하여 행정구역단위 침수발생 면적에 대한 침수심별 주거, 농업, 산업 침수편입률¹⁾을 산정한다. 이로부터 대상지역의 자산에 침수심에 따른 침수편입률과 피해율을 곱하여 침수심별 홍수피해를 산정하게 된다.

1) 침수편입률이란 행정구역 내에서 주거, 산업, 농업 등 지역특성요소의 총자산가치를 실제 침수된 부분에 대한 자산가치로 환산하기 위해 지역특성요소별로 지리요소인 공간객체들의 위치(position)정보를 침수심별로 중첩하여 전체에 대한 비율로 나타낸 것이다.

〈그림 1〉 다차원홍수피해산정법의 피해산정 절차



3. 개선법과 다차원법의 비교

앞에서 살펴본 두 방법은 개선법이 재해연보의 실제 자료를 바탕으로 통계분석한 회귀모형을 사용하는 데 비하여 다차원법은 자산조사에 의한 원 단위법의 형태를 취하고 있다. 〈표 4〉는 개선법과 다차원법의 주요내용을 비교한 것이다.

III. 대상지역들의 홍수피해 산정

1. 적용대상지역

본 연구는 치수사업이 계획되었던 지역을 대상으로 사업 전·후의 홍수피해를 산정하였다. 대상 치수사업은 임진강 하류의 초평도 유항개선사

〈표 3〉 다차원법의 행정구역별 일반자산
피해항목 조사 대상

지역특성	대상자산
주거지역	건물: 일반세대의 주거용 건물 건물내용물: 일반세대의 주거용 가정용품
농업지역	농경지: 전·답 농작물: 홍수시에 있어서의 대표작물
산업지역	유형재고자산: 사업소자산 중 토지를 제외한 생산설비나 재고자산

출처: 건설교통부, 2004, 「치수사업 경제성분석 방법 연구」.

업²⁾, 굴포천 방수로 2단계사업³⁾, 안양천 하류의 목감천 방수로사업 및 도림천 지하방수로 사업⁴⁾ 등이다. 〈그림 2〉는 치수사업 대상지역의 현황을 나타내고 있다.

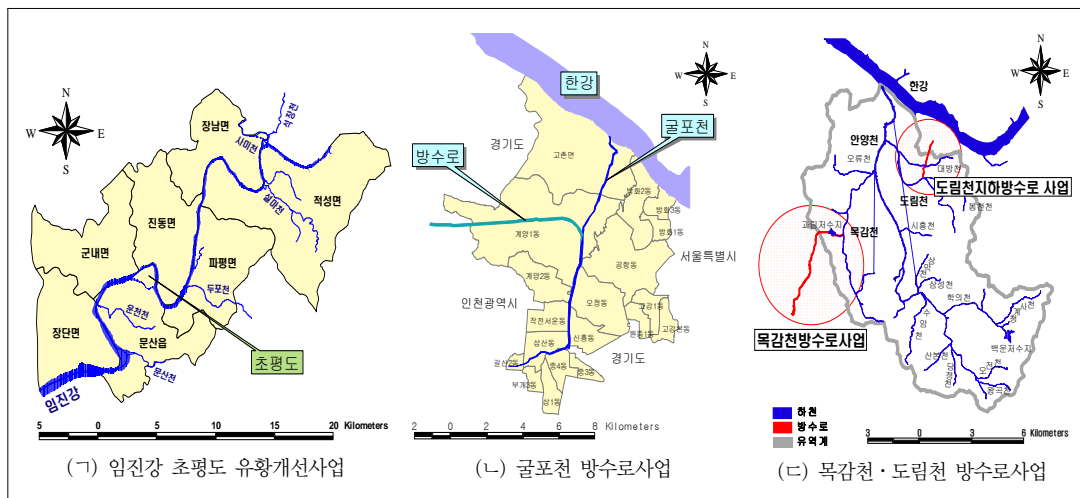
- 2) 초평도 일원 약 7km의 하도를 준설하여 하도의 홍수량 소통을 원활히 하고자 추진되었음. 한국개발연구원, 2004, 임진강 초평도 유항(물흐름) 개선사업 예비타당성조사 보고서.
- 3) 우선적으로 1단계 20m폭의 방수로가 완공되었고 2단계는 폭을 80m로 확장하는 계획임. 한국수자원공사, 2004, 굴포천 방수로(II단계) 기본계획.
- 4) 목감천과 도림천의 홍수량을 각각 인근의 은행천과 한강분류로 배제하기 위해 계획되었음. 한국개발연구원, 2005, 목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사 보고서.

〈표 4〉 개선법과 다차원법의 비교

구 분				개선법	다차원법
주요사항				<ul style="list-style-type: none"> 침수면적만의 함수(침수면적-피해액 관계식) 5개 도시유형별로 침수면적-피해액 곡선을 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 침수면적, 침수심, 빈도함수 행정구역별 각종 지표에 침수편입율 및 침수심별 피해율을 곱하여 피해액 산정
편익 산정 개념				피해액×침수면적(홍수피해주기고려)	대상자산×침수면적×침수심에 따른 피해율(피해액을 빈도별로 계산)
세부편익별 산정방법	자산피해	일반자산피해	건물	침수면적-피해액 관계식	건물면적×침수심별 피해율×건축단가
			가정용품	반영 안됨	세대수×침수심별 피해율×가정용품 평가단가
			농경지	침수면적-피해액관계식	침수면적×침수심별 피해율×손실단가
			농작물	전(답)침수면적×작물단가	전(답)침수면적×침수심별 피해율×농작물 평가단가
			유형재고자산	반영 안됨	산업체 종사자수×침수심별 피해율×종사자 1인당 평가단가
	인명피해	인명손실	공공시설물	침수면적-피해액관계식	일반자산피해액×일정비율
			인명손실	침수면적×침수면적당 손실인명수×원단위	좌동
		이재민	이재민	침수면적×침수면적당 이재민수×평균소득	좌동
			기타편익	침수면적-피해액 관계식	반영 안됨

출처 : 건설교통부, 2004. 치수경제성분석 방법 연구: p94.

〈그림 2〉 적용대상지역의 치수사업 및 행정구역 현황



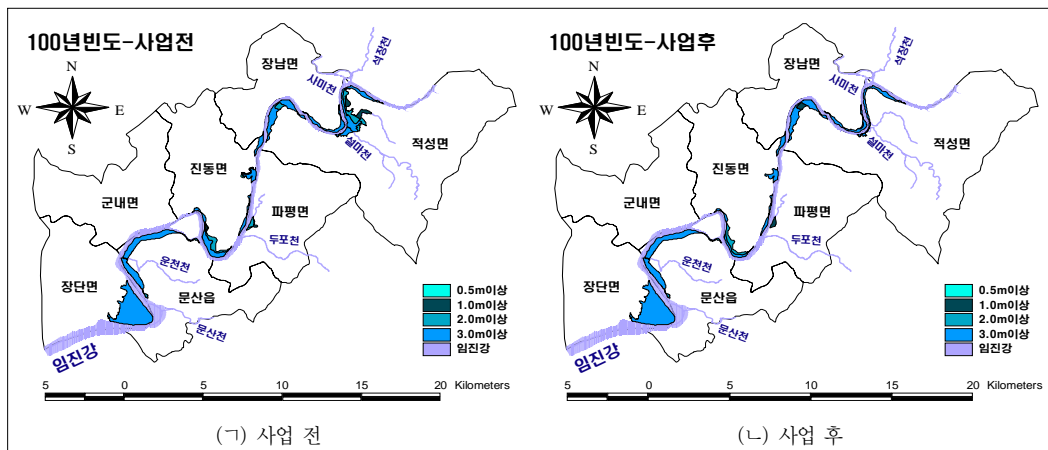
2. 적용 및 결과

1) 예상침수구역의 설정

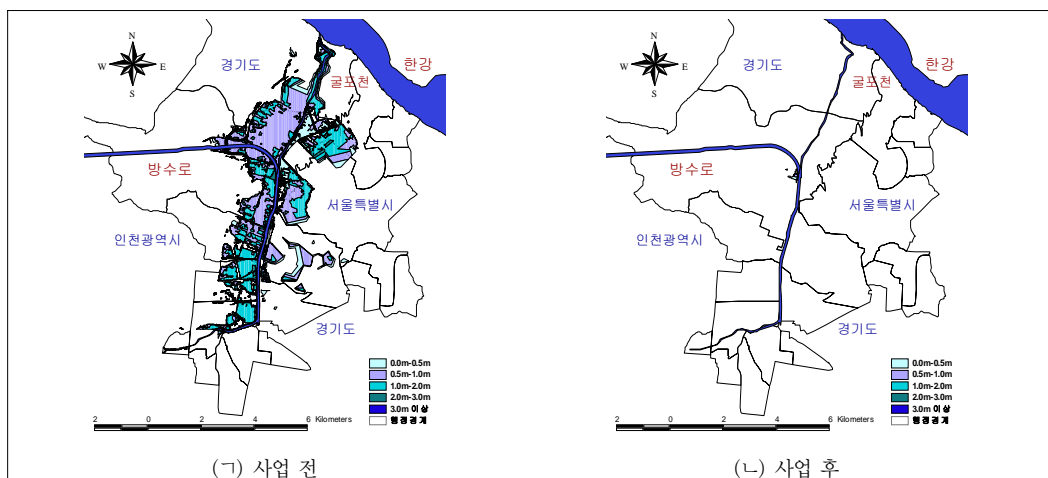
본 연구에서는 1차원 부정류 홍수위모형인 HEC-RAS로 산정한 사업 전·후 빈도별 홍수위 자료⁵⁾를 GIS툴인 ArcView에서 격자기반 지형공

간 분석⁶⁾으로 침수면적과 침수심을 도출해내었다. 침수구역 설정은 사업에 따라 조금씩 차이는 있으나 50년, 80년, 100년, 150년, 200년 빈도에 대하여 각각 사업 전·후로 나누어 실시되었으며 <그림 3, 4, 5, 6>은 사업의 계획빈도인 100년 빈도에 대해서만 나타내었다.

〈그림 3〉 임진강 초평도 유항개선사업의 100년 빈도 홍수시 사업 전·후 예상침수구역



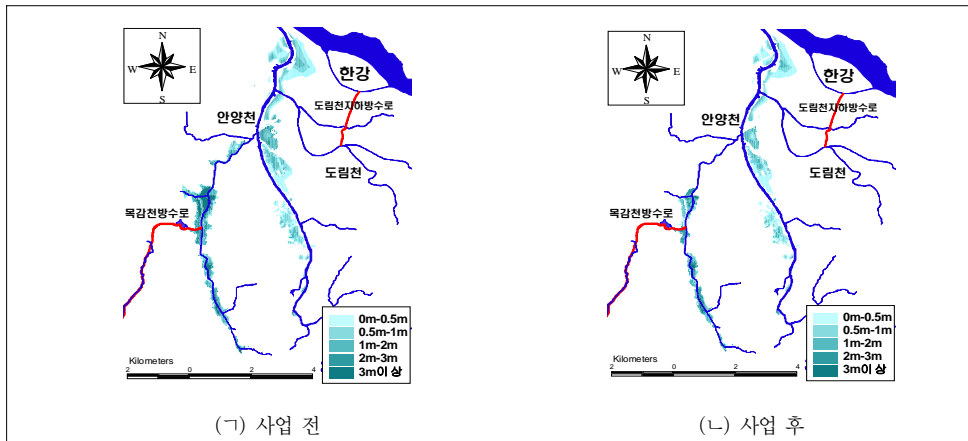
〈그림 4〉 굴포천 방수로사업의 100년 빈도 홍수시 사업 전·후 예상침수구역



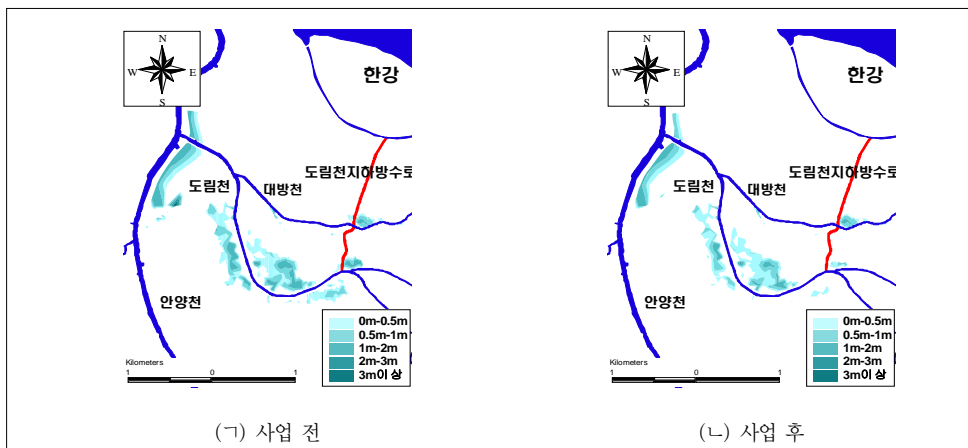
5) 임진강 초평도 홍수위: 건설교통부, 2003, 임진강 초평도 유항개선사업 기본설계. 굴포천 홍수위: 한국수자원공사, 2004, 굴포천 방수로(II단계) 기본계획. 목감천·도립천 홍수위: 건설교통부, 2005, 안양천유역종합치수계획.

6) 격자(raster) 자료로 변환한 홍수위와 대상지역의 30m×30m 수치지도모형(DEM)의 고도차를 이용하여 총 침수용적을 구한 후 내수배제 용적을 차감하여 침수심과 침수면적을 산정하였음.

〈그림 5〉 목감천 방수로사업의 100년 빈도 홍수시 사업 전·후 예상침수구역



〈그림 6〉 도림천 지하방수로사업의 100년 빈도 홍수시 사업 전·후 예상침수구역



설정된 예상침수구역의 침수심별 면적은 II장의 방법론에 따라 개선법에서는 전체 면적만을 활용하여 회귀식에 적용하게 되며, 다차원법에서는 침수심-행정구역-토지이용 면적을 중첩(intersect)하여 각각의 분할면적별로 침수편입률을 구한 후 침수심별 피해율을 적용하여 읍·면·동별 자산에 곱하는 방식으로 홍수피해를 산정한다.

2) 개선법에 의한 피해산정 결과

개선법은 재해연보의 다년간 침수면적-피해액 자료를 이용한 회귀모형이기 때문에 홍수빈도별 피해의 개념 없이 근래의 가장 큰 홍수로 인한 침수면적으로 연평균피해를 산정하도록 되어 있다. 따라서 대상지역별 사업에 대하여 계획빈도 홍수량에 의한 침수면적을 개선법에 적용하였으며 대상지역 모두 계획빈도는 100년이다. 〈표 5〉는 지역별로 개선법에 의한 연평균피해액과 경감액을 나타낸 것이다

〈표 5〉 대상지역별 치수사업에 따른 연평균피해액 및 경감액 산정

(단위: 백만 원)

피해항목	임진강 초평도 유항개선			굴포천 방수로			목감천 방수로			도림천 지하방수로		
	사업 전	사업 후	경감액	사업 전	사업 후	경감액	사업 전	사업 후	경감액	사업 전	사업 후	경감액
인 명	272	221	51	1,331	4	1,327	712	495	217	206	97	109
이 재 민	73	60	13	611	2	609	279	195	84	99	47	54
농 작 물	1,895	1,521	374	5,500	175	5,325	4,569	3,432	1,137	-	-	-
공공시설물	4,049	3,386	662	11,304	3,214	8,090	10,777	7,876	2,901	2,242	2,165	77
건 물	89	74	15	514	40	474	125	87	38	31	28	3
농 경 지	240	201	39	244	20	224	303	180	123	20	15	5
기 타	2,055	1,719	336	4,234	47	4,187	1,332	729	603	268	84	184
계	8,672	7,183	1,490	23,738	3,502	20,236	18,097	12,994	5,105	2,865	2,435	430

〈표 6〉 임진강 초평도 유항개선사업의 연평균피해액 및 경감액 산정

(단위: 백만 원)

홍수 빈도	연평균 초과확률	빈도별 피해액		구간평균 피해액		구간 확률	구간 피해액		경감액
		사업 전	사업 후	사업 전	사업 후		사업 전	사업 후	
50	0.0200	12,541	3,432						
80	0.0125	21,650	12,541	17,096	7,987	0.0075	128	60	68
100	0.0100	95,900	21,650	58,775	17,096	0.0025	147	43	104
150	0.0067	124,491	31,597	110,196	26,624	0.0033	367	89	279
200	0.0050	189,677	39,073	157,084	35,335	0.0017	262	59	203
						연평균피해	904	250	654

3) 다차원법에 의한 피해산정 결과

다차원법은 홍수빈도별로 피해를 산정한 후 이를 빈도의 역수인 초과확률의 구간별 증분에 곱하여 누적시키는 방식으로 연평균피해를 산정하게 된다. 즉, 피해에 대한 조건부 기댓값을 취하는 것이다. 다차원법을 적용할 때에 필요한 일반자산 항목의 조사는 각 지자체가 발간한 최근 통계연보를 활용하였고 자산항목별 평균단가는 건설교통부(2004a)에서 제시한 값을 사용하였다. 〈표 6, 7, 8, 9〉는 다차원법을 적용하여 대상지역별로 연평균피해액과 경감액을 산정한 결과다.

3. 피해산정 결과의 비교

〈표 10〉에 나타난 홍수피해 산정결과를 보면 방법에 따라 산정값이 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 임진강 초평도의 경우는 개선법이 다차원법보다 큰 피해를 나타낸 반면 그 외 지역에서는 다차원법이 상대적으로 크게 산정되었다.

〈그림 7〉은 100년 빈도 홍수시 사업 전·후의 침수면적감소율과 피해경감률을 나타낸 것으로 전반적으로 다차원법이 개선법에 비해 큰 피해경감률을 나타냈다. 특히 다차원법은 침수면적감소율

〈표 7〉 굴포천 방수로사업의 연평균피해액 및 경감액 산정

(단위: 백만 원)

홍수 빈도	연평균 초과확률	빈도별 피해액		구간평균 피해액		구간 확률	구간 피해액		경감액
		사업 전	사업 후	사업 전	사업 후		사업 전	사업 후	
2	0.5000	0	0						
5	0.2000	60,050	0	30,025	0	0.3000	9,008	0	9,008
10	0.1000	116,658	0	88,354	0	0.1000	8,835	0	8,835
20	0.0500	207,642	0	162,150	0	0.0500	8,108	0	8,108
30	0.0333	212,399	0	210,021	0	0.0167	3,500	0	3,500
50	0.0200	229,650	0	221,025	0	0.0133	2,947	0	2,947
100	0.0100	247,748	71	238,699	36	0.0100	2,387	0.36	2,387
						연평균피해	34,785	0.36	34,784

〈표 8〉 목감천 방수로사업의 연평균피해액 및 경감액 산정

(단위: 백만 원)

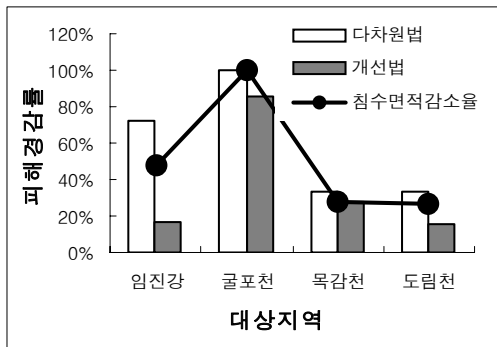
홍수 빈도	연평균 초과확률	빈도별 피해액		구간평균 피해액		구간 확률	구간 피해액		경감액
		사업 전	사업 후	사업 전	사업 후		사업 전	사업 후	
50	0.0200	6,790,678	4,403,449						
80	0.0125	8,971,597	5,936,549	7,881,138	5,169,999	0.0075	59,109	38,775	20,334
100	0.0100	9,870,540	5,924,904	9,421,069	5,930,727	0.0025	23,553	14,827	8,726
150	0.0067	9,909,927	7,093,589	9,890,234	6,509,247	0.0033	32,967	21,697	11,270
200	0.0050	10,862,877	9,110,060	10,386,402	8,101,825	0.0017	17,311	13,503	3,808
						연평균피해	132,939	88,802	44,137

〈표 9〉 도림천 지하방수로사업의 연평균피해액 및 경감액 산정

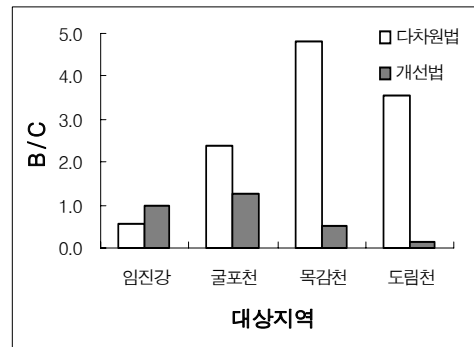
(단위: 백만 원)

홍수 빈도	연평균 초과확률	빈도별 피해액		구간평균 피해액		구간 확률	구간 피해액		경감액
		사업 전	사업 후	사업 전	사업 후		사업 전	사업 후	
50	0.0200	1,796,019	1,104,646						
80	0.0125	2,371,099	1,520,102	2,083,559	1,312,374	0.0075	15,627	9,843	5,784
100	0.0100	2,714,229	1,764,357	2,542,664	1,642,230	0.0025	6,357	4,106	2,251
150	0.0067	3,069,426	2,284,630	2,891,828	2,024,494	0.0033	9,639	6,748	2,891
200	0.0050	3,238,170	2,597,320	3,153,798	2,440,975	0.0017	5,256	4,068	1,188
						연평균피해	36,879	24,765	12,114

〈그림 7〉 침수면적감소율과 피해경감률



〈그림 8〉 피해산정 방법별 B/C



보다 피해경감률이 큰 반면 개선법은 반대의 경향을 보였다. 이러한 현상은 본 연구의 대상지역들이 표고가 높아질수록 지형경사가 커지는 특성으로 인해 100년 빈도와 같이 비교적 큰 홍수시에는 침수면적의 감소에 따른 침수심의 변화가 큰 데서

기인한다. 즉, 개선법이 침수면적만을 고려하는 데 비해 다차원법은 침수심별 피해도 고려하기 때문에 작은 침수면적 변화에도 전반적으로 침수심이 감소하기 때문에 피해경감률이 높을 것으로 보인다. 〈그림 8〉은 〈표 10〉의 연평균피해경감액을

〈표 10〉 개선법과 다차원법에 의한 연평균피해액 산정결과 비교

(단위: 백만 원)

대상 지역	사업 전 연평균피해액		사업 후 연평균피해액		연평균피해경감액 (연평균편익)		피해경감률(%)		100년빈도 침수면적(m ²)		
	개선법	다차원법	개선법	다차원법	개선법	다차원법	개선법	다차원법	사업 전	사업 후	감소율
임진강	8,672	904	7,183	250	1,490	654	17.17	72.35	4,919,349	2,568,266	47.79%
굴포천	23,738	34,785	3,502	0.36	20,236	34,784	85.25	100.00	18,700,712	49,913	99.73%
목감천	18,097	132,939	12,994	88,802	5,105	44,137	28.20	33.20	16,167,851	11,680,756	27.75%
도림천	2,865	36,879	2,435	24,765	430	12,114	15.01	32.85	2,273,303	1,676,063	26.27%

〈표 11〉 사업비의 연차별 배분 계획

(단위: 백만 원)

대상지역	계획기간		건설기간(공사비 투입기간)						합 계
	1	2	3	4	5	6	7	8	
임진강*	786	10,085	27,074	39,571	13,269	13,269	13,824	6,851	124,730
굴포천**			216,520	186,520	150,960				554,000
목감천***	3,718	6,287	28,127	57,394	50,597	95,695	31,941		277,570
도림천***	1,628	2,762	18,155	27,261	26,742	17,933			94,481

주: 사업의 건설개시년도는 임진강(2006), 굴포천(2005), 목감천(2008), 도림천(2008)으로 계획되었으나 임진강은 타당성 미흡으로 사업취소, 굴포천은 사업에 대한 논란으로 타당성 재검토 중에 있음.

출처: *한국개발연구원, 2004. 임진강 초평도 유황(물흐름) 개선사업 예비타당성조사 보고서. **한국수자원공사, 2004. 굴포천 방수로(Ⅱ단계) 기본계획. ***한국개발연구원, 2005. 목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사 보고서.

홍수조절편익으로 하는 B/C를 나타낸 것으로 사업규모에 관계없이 대상지역별로 피해산정 정도를 가늠해 볼 수 있다. B/C의 산정을 위해서 비용은 <표 11>의 자료를 사용하였으며, 완공 후 50년간 연평균편익이 발생하는 것으로 가정하였고, 사회적 할인율은 임진강과 굴포천은 6%, 목감천과 도림천은 운영 30년까지 6.5%, 이후 5%를 적용하였다⁷⁾. 분석결과 전원지역인 임진강 초평도는 개선법이 다차원법보다 크게 산정되었고 전원형 도시지역인 굴포천은 다차원법이 큰 값을, 인구밀집 도시지역인 목감천과 도림천은 다차원법이 월등히 높게 나타났다.

IV. 분석 및 고찰

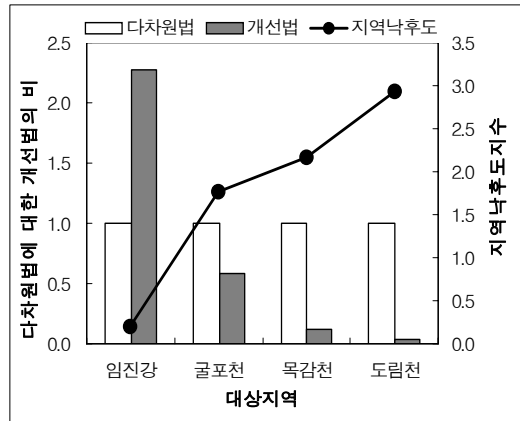
1. 지역낙후도지수에 따른 분석

본 연구의 대상지역 중에서 임진강 초평도 지역은 전형적인 낙후지역이며 굴포천 및 목감천 지역은 전원지역과 도시지역이 공존하고 도림천 지역은 전형적인 인구밀집형 도시지역이다. 이러한 지역특성에 따른 개선법과 다차원법의 반응을 객관적으로 판별하기 위해 본 연구는 예비타당성조사가 활용되고 있는 지역낙후도지수에 대한 피해액의 변화를 분석하였다.

<표 12>는 대상지역 내 행정구역들의 지역낙후도지수를 나타내고 있는데 굴포천과 목감천 지역은 다수의 행정구역들로 이루어져 있으므로 계획빈도 홍수시 침수면적을 가중치로 하여 평균한 값을 대표로 사용하였다. 지역낙후도지수는 낙후지역일수록 점수가 낮게 평가된다.

<그림 9>는 <표 10>에 제시된 연평균피해경감액을 다차원법에 대한 개선법의 비로 나타내고 지역낙

<그림 9> 개선법과 다차원법의 홍수피해 비교



후도지수와 대비시킨 것이다. 그림에서 잘 나타나듯이 낙후지역일수록 개선법이 피해를 크게 산정하고 있으며 인구밀집지역인 도림천의 경우 개선법은 피해를 매우 낮게 산정하고 있음을 알 수 있다.

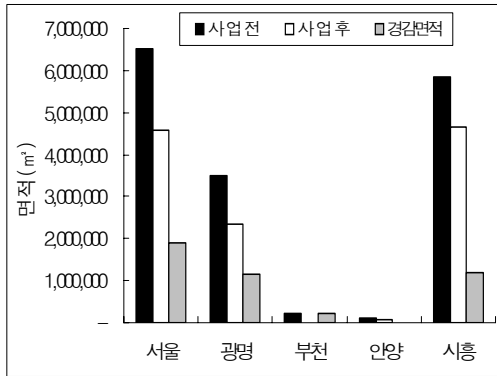
2. 지역특성에 따른 개선법의 결과 분석

전술한 바와 같이 다차원법은 자산가치를 직접 반영하므로 자산규모가 작은 전원지역보다 도시지역의 피해가 크게 산정된다. 반면 개선법에 대해서는 보다 세부적인 분석이 필요하다. 목감천 지역은 전원지역과 도시지역의 특징을 모두 갖추고 있어 개선법이 전원지역에서 피해를 크게 산정하는 반면 도시지역에서 피해가 과소평가되는 경향을 잘 설명해 줄 수 있는 지역이다.

<그림 10>은 목감천 방수로의 사업 전·후 100년 빈도 침수면적을 행정구역별로 나타내고 있으며 <그림 11>은 개선법을 적용하여 구한 연평균피해를 주요항목에 대해 행정구역별로 비교한 것이다. <그림 10>에서 알 수 있듯이 침수경감면적은

7) 편익발생기간과 할인율의 결정은 한국개발연구원, 2003, 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)의 지침에 의거하였음.

〈그림 10〉 목감천 방수로사업으로 인한 침수면적

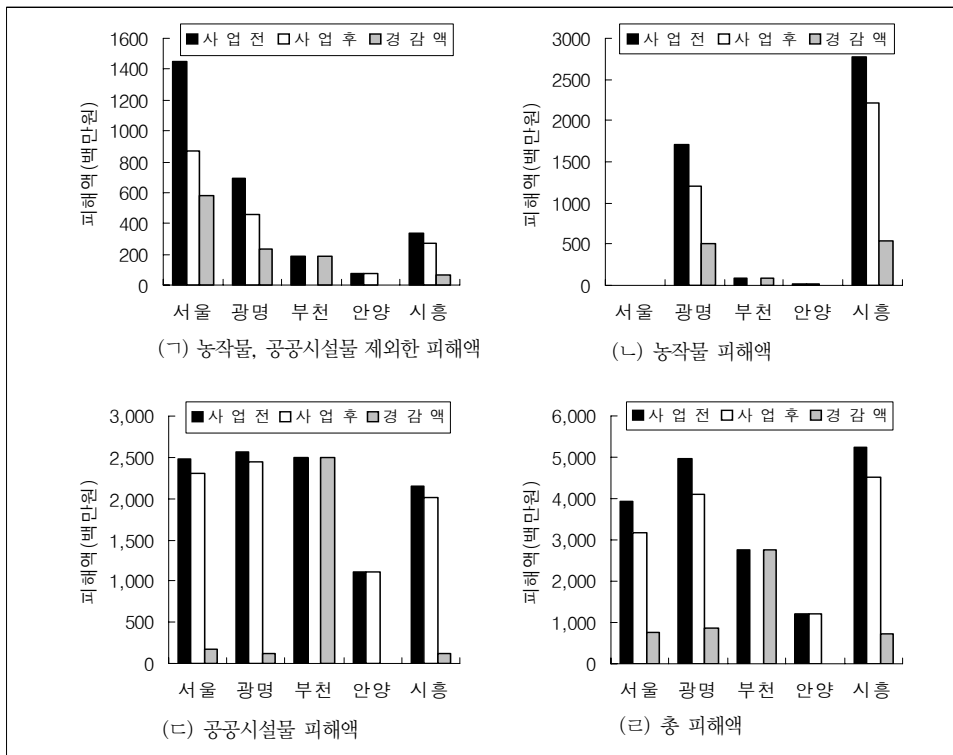


서울과 광명, 시흥이 매우 높게 나타난다.

〈그림 11〉에서 (㉠)의 피해경감은 〈그림 10〉에서 침수경감면적과 같이 서울이 가장 크다. 그러나 (㉡)에서 농업생산이 없는 서울이 무피해인 상황에

서 시흥과 광명의 농작물 피해는 (㉠)에서 서울의 피해보다도 크다. (㉡)의 공공시설물 피해에서는 더 큰 문제점을 보여주고 있다. 침수면적에서는 미미한 부천이 공공시설물 피해에서는 서울과 비슷한 정도의 피해를 나타내고 있다. 더구나 부천은 사업 후의 침수면적이 없기 때문에 경감액 기준으로 보면 공공시설물 항목에서는 다른 도시에 비해 압도적으로 크다. 결국 (㉡)의 총 피해를 보면 가장 큰 피해경감을 나타내는 지역은 부천이 된다. 또한 침수면적은 비슷하나 농업지역이 많은 시흥시가 고도의 인구밀집지역인 서울과 대등한 정도의 피해경감을 보이고 있다. 즉, 농작물 피해와 공공시설물 피해가 총 피해에서 차지하는 비중이 높은 뿐 아니라 공공시설물 피해에서 보듯이 비합리적 결과가 나타나고 있는 것이다.

〈그림 11〉 개선법을 적용한 목감천 지역의 연평균피해액 비교



〈표 12〉 대상지역별 지역낙후도지수

대상 지역	행정 구역	인 구		경제			기반시설			종 합		
		인구 증가율	노령화 지수	재정 자립도	제조업 종사자 비율	승용차 등록 대수	도로율	의사수	도시적 토지 이용율	지역 낙후도 지수	침수 면적 비*	가중 평균
임진강	파주	1,522	41.2	37,489	11,162	16,222	0.565	0.052	2,901	0.208	1	0.208
굴포천	서울	-1,137	25.5	95,849	5,579	16,787	14,363	0.17	39,645	2,933	0.16	1,761
	인천	2,384	19,239	80,961	8,225	16,646	3,741	0.082	20,299	1,493	0.62	
	부천	1,522	17.1	82,407	8,633	15,465	8,941	0.085	35,961	2,219	0.13	
	김포	2,277	30.8	56,176	20,548	18,978	0.633	0.051	4,412	0.861	0.09	
목감천	서울	-1,137	25.5	95,849	5,579	16,787	14,363	0.17	39,645	2,933	0.55	2.16
	광명	0,175	19.7	63,557	4,002	15,029	3.86	0.062	17,414	0.939	0.29	
	부천	1,522	17.1	82,407	8,633	15,465	8,941	0.085	35,961	2,219	0.02	
	시흥	13,193	13.2	70,419	16,741	18,705	3,433	0.052	10,718	1,637	0.13	
	안양	-0,028	19.6	88,472	6,006	17,319	5,443	0.081	23,815	1,702	0.01	
도림천	서울	-1,137	25.5	95,849	5,579	16,787	14,363	0.17	39,645	2,933	1	2,933

* 계획빈도 홍수시 행정구역별 침수면적비를 가중치로 하여 대상지역 내 평균 지역낙후도지수 산정

출처: 한국개발연구원, 2003. 수자원(담)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판).

V. 결론

본 연구의 결과 다차원법은 침수지역의 자산가치를 직접 반영함으로써 산정된 피해가 지역의 개발정도에 비례하는 것으로 나타났다. 이에 비해 개선법은 도시지역에서 피해를 과소평가하는 반면 전원지역에서는 과대평가하는 경향을 보였다. 이는 개선법이 피해지역의 특성을 5개 유형으로 분류하고 있으나 정밀하지 못하며, 같은 유형별로는 피해가 침수면적에 단순비례하기 때문이다. 본 연구는 이러한 결과를 고려하여 홍수피해산정방법이 갖추어야 할 중요 요소로 크게 세 가지를 제시하고자 한다.

- 1) 피해지역 자산조사의 정밀성과 정확성: 이는 산정된 피해가 지역특성을 잘 설명할 수 있는가를 결정짓는다.
- 2) 최대한의 기술을 활용한 정확한 침수구역 예

측: 이는 피해산정 자체와는 별개의 기술적 요소이지만 산정결과와 신뢰성을 높이기 위하여 필수적인 요소다.

- 3) 적용대상에 대한 일반성과 산정과정의 편의성: 홍수피해산정은 다양한 침수사업의 타당성 분석에 활용되므로 일반적이고 손쉽게 적용할 수 있어야 한다.

이러한 세 가지 요소를 고려할 때 다차원법은 자산조사를 기본으로 하고 침수면적뿐 아니라 침수심을 고려함으로써 예상침수구역의 공간정보를 적극 활용한다는 점에서 첫째와 둘째 요소를 충족시키고 있어 개선법에 비해 우수한 것으로 평가된다. 또한 개선법과 달리 홍수빈도에 따른 피해산정으로 다양한 침수사업에서 활용가능하다는 점은 셋째 요소의 일반성도 확보하고 있다. 그러나 다차원법은 다루어야 할 자료가 많고 계산상으로도 복잡하여 편의성에서는 개선법에 비해 취약한 것

으로 평가되었다.

다차원법의 편의성을 제고하기 위해서는 두 가지 방향의 개선이 이루어져야 하는데 첫째는 침수심별 피해함수의 유도다. 정확한 피해함수는 복잡한 자산조사 과정을 간소화시킬 것이다. 둘째는 침수구역 설정에 필요한 범람수리모형과 지리정보시스템을 다차원법과 연계할 수 있는 소프트웨어 개발이 필요하다. 이는 복잡한 계산절차를 개선하여 피해산정의 정확성과 일관성을 제고하는 데에 기여할 것이다.

선진국의 경우 큰 홍수피해가 발생하면 대표지역으로 선정하여 정밀한 피해조사를 실시하고 이를 바탕으로 침수심별 피해함수를 유도하고 있다. 이는 피해발생시 행정기관에서 보상차원의 피해조사만 실시하고 이러한 피해자료를 바탕으로 침수면적 대 피해함수를 도출한 개선법과는 다른 차원이다. 홍수피해는 사전에 방지하는 것이 정책의 기본일 것이다. 그러나 이미 일어난 홍수피해라면 이를 통해서 중요한 정보를 획득할 수 있도록 심층적 사후분석체계가 마련되어야 할 것이다.

사 표준지침 연구(제3판).

10. 한국개발연구원. 2004. 임진강 초평도 유황(물흐름) 개선사업 예비타당성조사 보고서.
11. 한국개발연구원. 2005. 목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사 보고서.
12. 한국수자원공사. 2004. 굴포천 방수로(II단계) 기본계획.
13. Biza, P., Gimun, V., Christian, H. and Smith, G. 2001. *The Use of a GIS-based Software Tool for Benefit-Cost Analysis of Flood Mitigation Measures in the Czech Republic*, DHI Software Conference: DHI Software
14. BTRE. 2002. *Benefits of flood mitigation in Australia*, Bureau of Transport and Regional Economics Report 106.
15. Dutta, D. and Herath, S. 1998. "Methodology for Flood Damage Assessment using GIS and Distributed Hydrologic Model". *Proceedings of International Symposium on Information Technology Tools for Natural Disaster Risk Management*, Bangkok, Thailand, February 1998: pp109-124.
16. USACE, 1998, *HEC-FDA : Flood Damage Analysis User's Manual*.

-
- 논문 접수일 : 2006. 1. 4
 - 심사 시작일 : 2006. 1. 10
 - 심사 완료일 : 2006. 2. 17

참고문헌

1. 건설부. 1985. 하천시설기준.
2. 건설교통부. 1993. 하천시설기준.
3. 건설교통부. 2001. 치수사업 경제성분석 개선방안 연구.
4. 건설교통부. 2002. 하천설계기준.
5. 건설교통부. 2003. 임진강 초평도 유황개선사업 기본설계.
6. 건설교통부. 2004a. 치수사업 경제성분석 방법 연구.
7. 건설교통부. 2004b. 하천설계기준.
8. 건설교통부. 2005. 안양천유역종합치수계획.
9. 한국개발연구원. 2003. 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조

ABSTRACTS

**Adequacy Evaluation of Flood Damage Assessment Models
by Comparing Flood Damages between Urban and Rural Area**

Choong-Sung Yi Ph.D. Candidate, Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ.
Seung-An Choi Ph.D. Candidate, Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ.
Myung-Pil Shim Professor, Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ.
Joon-Kyung Jang Research Fellow, Korea Development Institute

※ Keywords : Economic Analysis, Flood Control Project, Flood Damage Assesment,
MD-FDA, Modified Method

Typically, the flood control project needs to enormous national budget. So it usually affects the state of the overall national economy that whether or not it succeeds. Therefore, reliable estimation of the flood damage is the key issue for the economic analysis of the flood control project. This study applied the Modified method and the MD-FDA, representative flood damage assessment models in Korea, to a few target river basins and attempted to evaluate the adequacy of these two models by comparing assessed flood damages. Especially, focusing on which model is more suitable for reflecting regional characteristics, the adequacy was evaluated by means of comparing the assessed flood damages of the targeted urban and rural areas. As a result, the MD-FDA had a tendency of assessing large damages for the urban areas more than the rural areas, while the Modified method had a problem which underestimated flood damages for the urban areas. From the study, it was found that the MD-FDA was more suitable than the Modified method in a view of reflecting regional characteristics. But, because the MD-FDA needs many data factors that are uncertain in nature, from a practical point of view, it is thought that the MD-FDA should be improved to be more useful.

