

다차원 홍수피해산정방법 (II): 적용

Multi-Dimensional Flood Damage Analysis (II): Application

최 승 안* / 이 충 성** / 심 명 필*** / 김 형 수****

Choi, Seung An / Yi, Choong Sung / Shim, Myung Pil / Kim, Hung Soo

Abstract

This study is that MD-FDA and the existing method were applied together the outlet project under the construction in the Gulpo River basin. The results of both of them meet the economic feasibility of the project. But, MD-FDA evaluated the suitable damage according to situations; 1) without project, 2) after 20m outlet construction, 3) after 80m outlet construction. That is, MD-FDA could exactly evaluate the Annual Expected Flood Damage by considering the characteristics to the inundated area.

If MD-FDA may use in the flood control projects, the projects will be able to be taken into account all characteristics of the total damage area and performed by reasonable criteria.

keywords : MD-FDA, economic analysis, annual average benefit

요 지

본 논문에서는 현재 건설중인 굴포천 방수로 사업에 대한 경제성분석을 위하여 기존 개선법과 다차원법을 적용하여 비교분석하였다. 비교분석결과, 두 방법 모두 경제적 타당성을 만족하였지만 다차원법으로 분석하였을 때 더 많은 편익을 내는 것으로 나타났다. 그러나, 개선법은 상황에 따른 연평균편익에서 큰 차이를 나타내지 않았으나, 이에 비해서 다차원법은 20m 임시방수로 건설 후의 연평균 편익이 개선법과 큰 차이를 보이지 않는 대신 방수로 건설 전은 개선법보다 훨씬 크게 산정되었으며 80m 방수로 건설 후에는 개선법보다 훨씬 작은 피해액이 산정되었다. 즉, 피해지역의 특성을 반영하며, 상황에 따라 적절하게 예상피해액을 산정할 수 있었다. 치수사업에 있어서 수계전체의 입장을 고려한 효율적인 방식을 실현하고 합리적인 기준에 따라 치수사업이 추진될 수 있으리라 판단된다.

핵심용어 : 다차원법, 개선법, 경제성분석, 연평균편익

* 인하대학교 환경토목공학부 박사과정
Doctorate Candidate, Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ., Incheon 402-751, Korea
(e-mail: sachoi@inha.ac.kr)

** 인하대학교 환경토목공학부 박사과정
Doctorate Candidate, Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ., Incheon 402-751, Korea
(e-mail: sung@inha.ac.kr)

*** 인하대학교 환경토목공학부 교수
Prof., Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ., Incheon 402-751, Korea
(e-mail: shim@inha.ac.kr)

**** 인하대학교 환경토목공학부 부교수
Assoc. Prof., Dept. of Civ. and Envir. Engrg., Inha Univ., Incheon 402-751, Korea
(e-mail: sookim@inha.ac.kr)

1. 서론

연평균피해액이란 한해에 발생가능한 홍수에 대한 기대 피해액이라고 할 수 있으며 치수사업으로 인하여 경감된 연평균피해액을 “연평균피해경감기대액” 이라고 한다. 만일, 치수사업이 제방사업일 경우에는 계획대상 규모(계획빈도)까지의 연평균피해액이 연평균피해경감기대액과 같으며, 비제방사업(예, 댐)일 경우에는 사업 전과 사업후의 연평균피해액을 각각 구하여 두 값의 차를 구하면 연평균피해경감기대액을 산정 할 수 있다.

본 연구에서는 기존방법과의 비교·분석을 위해 개선법(건설교통부, 2001) 과 다차원법(건설교통부, 2004) 을 모두 적용하여 편익을 산출하였다. 다차원법을 적용하여 연평균피해액을 산정하기 위해서는 빈도별 피해액의 산정이 필요한데 빈도별 피해액은 별도의 수리·수문 분석에 의한 침수구역도를 작성하여 활용하였다. 개선법을 적용함에 있어 과거 실제 홍수에 의한 침수면적이 필요하나 현실적으로 불가능하므로 수리·수문분석에 의한 사업전·후의 100년빈도 침수구역을 사용하여 연평균피해액을 구하였다.

간접편익의 경우 현재까지는 정량적으로 평가하기 어려워 통상적으로 직접피해액에 대한 간접편익의 비율인 간접피해율로 추정하나, 아직까지는 간접피해율을 얼마로 할 것인지에 대해서 논란의 여지가 많다. 따라서, 간접편익을 제외하고, 직접편익만으로 경제성 분석을 실시하였다. 다만 개선법의 경우에는 공공시설물피해액 항목에 교통시설과 하천시설물의 “손실기회비용” 즉, 기회편익을 고려하도록 하고 있으며 본 논문에서도 이를 고려하여 적용하였다.

2. 치수사업 경제성분석 흐름도

다차원 홍수피해산정방법에서 제시한 치수경제성분석 흐름도를 굴포천 유역에 적용하기 위하여 Fig. 1과 같이 각 단계에 대하여 조사 또는 계산을 통하여 해당 항목을 산정하였다. 1단계에서는 2년, 5년, 10년, 20년, 30년, 50년, 100년 빈도에 대한 침수구역도를 각각 ① 사업전, ② 20m임시방수로 건설후, ③ 80m방수로 건설후(사업후)의 상황에 따라 작성하였다. 2단계에서 다차원법에 의해 산정된 피해액을 이용하여 3단계에서 연평균피해경감액을 계산하고, 4단계에서는 산정된 총편익 및 총비용을 이용하여 5단계에서는 경제성분석 지표를 계산하여 경제성분석을 실시하였다.

3. 침수구역의 추정

굴포천 방수로 건설에 따른 영향구간은 굴포천과 연

결수로의 합류부를 중심으로 상류측에 청청천 합류 후부터 하류측으로 한강 본류 합류점까지의 연장 약 14km의 구간이다. 이 지역은 행정구역상 세 개 광역시도(서울특별시, 인천광역시, 경기도)의 인접지역이며, 침수지역이 포함된 행정구역은 2시·3구에 1면·11동으로 구성되어 있다. Fig. 2는 사업대상지구인 굴포천 주변의 행정구역 현황을 나타낸 것이다.

본 연구에서는 침수구역도를 작성하기 위해서 굴포천 방수로 Case1 : 사업전, Case 2 : 20m 임시방수로 건설후, Case 3 : 80m 방수로 건설후 등 세가지 상황에 대한 수리·수문 분석결과를 이용하였다. 계산된 침수량으로부터 침수위 및 침수면적을 계산하고, 침수위를 지형고도와 비교하여 침수심을 계산하였다. 마지막으로 최근의 굴포천 유역내 도시개발 현황을 고려하여 부개지구(인천시 부평구), 계산지구(인천시 계양구), 상동지

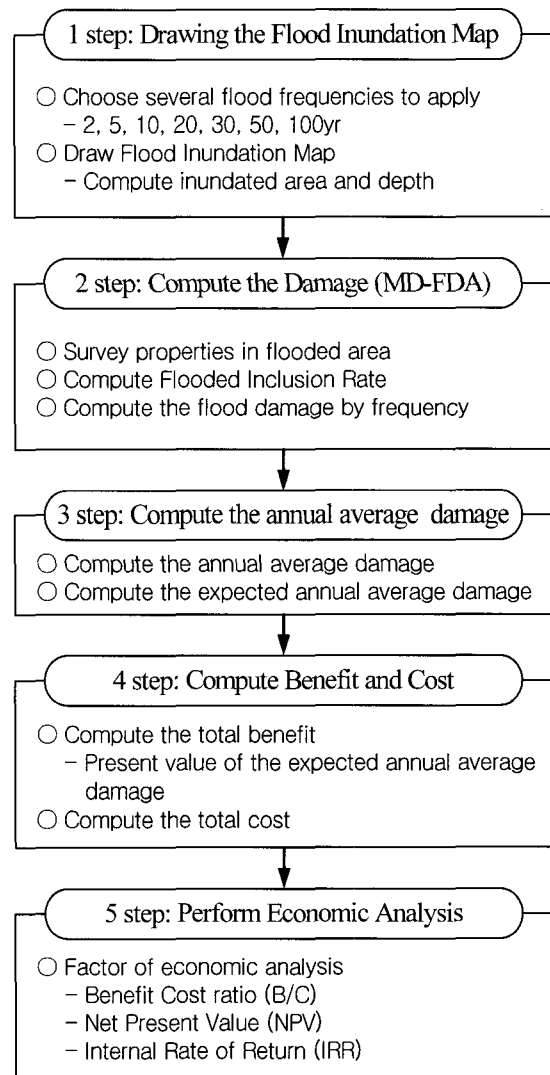


Fig. 1. Procedure of Economic Analysis by MD-FDA

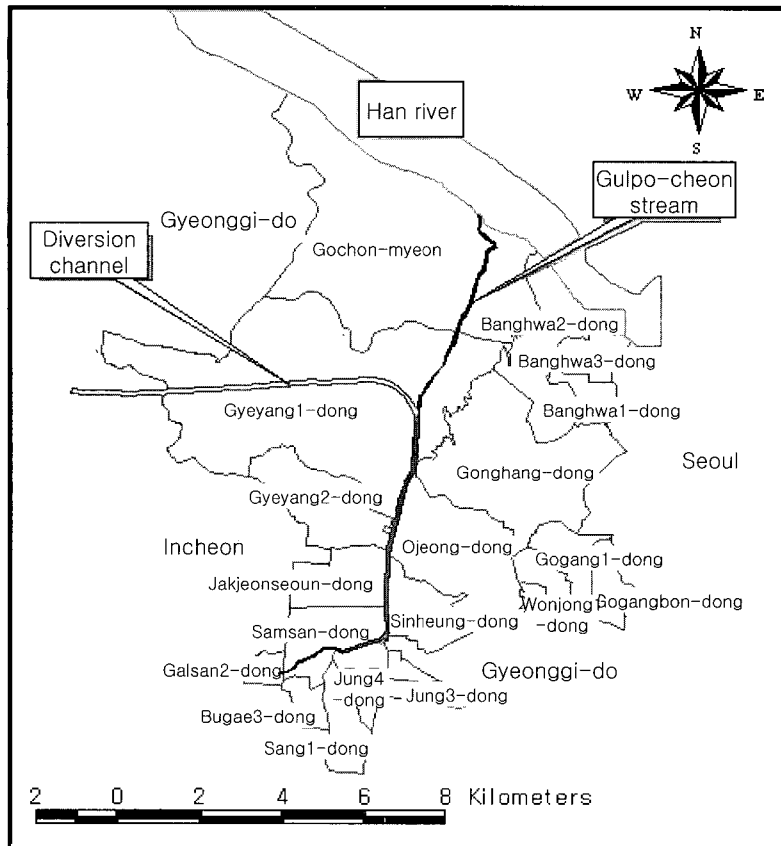


Fig. 2. Administrative Districts in Gulpo-cheon basin

구(경기도 부천시), 삼산지구(인천시 부평구) 등은 계산 상 침수구역으로 추정되었으나, 주택지 개발로 인해 무해지역으로 분석되었으므로 침수구역에서 제외하였다.

Table 1은 침수구역도에 의한 행정구역별, 침수심별 침수면적을 나타낸 것이다. 이에 따르면 사업에 의한 침수면적 경감은 계양1동, 고촌면 등에서 많았으며 굴포천의 우안측에 위치한 행정구역일수록 침수가 많이 되는 것으로 나타났다.

2년, 5년, 10년, 20년, 30년, 50년, 100년 빈도에 대한 침수구역도를 Fig. 3과 같이 각각 사업전, 20m임시방수로 건설후, 80m방수로 건설후(사업후)의 상황에 따라 작성하였다.

4. 피해액 산정

기존방법과의 비교·분석을 위해 개선법과 다차원법을 모두 적용하였다. 개선법은 ① 굴포천 방수로 사업전, ② 굴포천 20m 임시방수로 건설후, ③ 굴포천 80m 방수로 사업후에 대한 100년 빈도 침수면적에 의한 연평균피해액을 산정하였으며, 다차원법에서는 위의 세가지 상황에 대한 2년, 5년, 10년, 20년, 30년, 50년, 100년 빈도의 홍수에 의한 빈도별 피해액을 산정하였으며 이로부터 연평균피해액을 산정하였다. 최종적으로는 두

방법에 의한 결과로 ①과 ②, ①과 ③, ②와 ③에 대하여 연평균피해경감기대액을 도출하였다.

4.1 개선법에 의한 피해액 산정

침수지역은 서울, 인천, 경기 등 각기 다른 행정구역의 경계면에 위치해 있기 때문에 도시유형과 홍수피해 주기가 모두 다르다. 따라서 시·군·구 행정구역별로 피해액을 산정하였다. 서울시의 경우 홍수피해주기 1.8에 대도시, 인천시는 홍수피해주기 1.2에 대도시, 부천시는 홍수피해주기 1.6에 중소도시, 김포시는 홍수피해주기 1.6에 전원도시로 나타나 있다.

개선법의 피해항목 중 공공시설물 피해액은 교통시설물과 하천시설물의 손실기회비용을 0.31, 0.66을 각각 적용하였다. 100년 빈도 침수량에 의한 침수면적에 대하여 개선법을 적용하여 사업전, 20m 임시방수로, 사업후의 피해액을 산정한 결과 연평균피해액은 Table 2와 같이 산정되었다.

연평균피해경감기대액은 Table 2와 같이 비교할 대상간의 차로서 구해진다. 20m 임시방수로로 인한 피해경감효과는 크지 않은 것으로 나타났으며 80m 방수호가 건설되었을 때 큰 경감효과가 기대된다.

4.2 다차원법에 의한 피해액 산정

4.2.1 침수구역의 자산조사

Table 3은 침수구역이 포함된 전체행정구역의 주거 지역(건물, 가정용품), 농업지역(농산물), 산업지역(유형 자산, 고정자산)의 자산을 나타내고 있다(통계청, 2001).

4.2.2 침수변입율의 산정

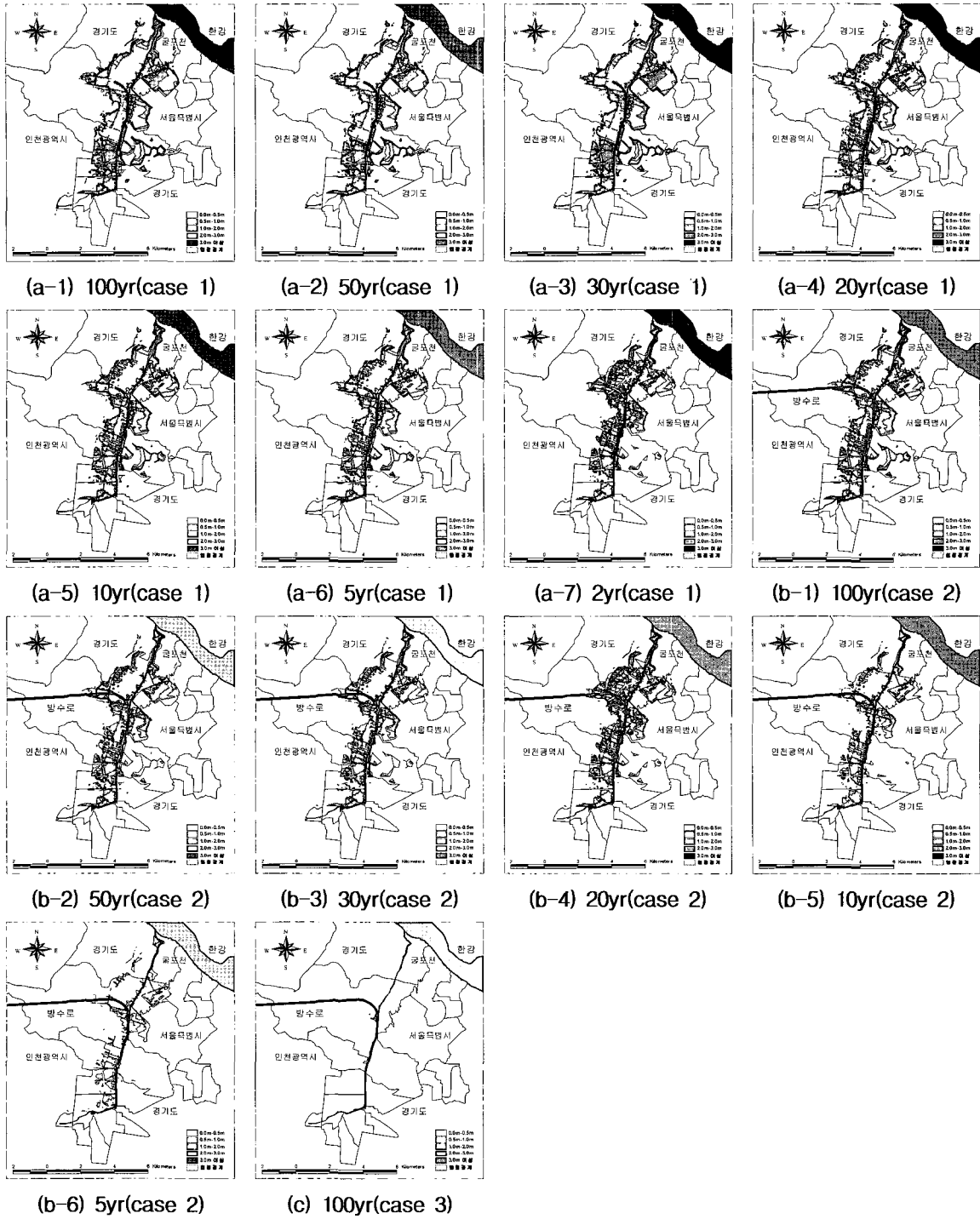
조사대상 지역에 대한 주거지역, 농업지역, 산업지역의 공간적 분포를 추출하기 위하여 주거지역과 산업지역의 경우 수치지형도(1:5,000)를 이용하였으며, 농업지역의 경우 환경부에서 제작한 토지피복도(1:25,000, 중분류)를 이용하였다.

Table 1. Inundated Areas according to Administrative Districts and Return Period (unit : km²)

EupMyeonDong	100yr			50yr			30yr			20yr		
	without	20m	80m	without	20m	80m	without	20m	80m	without	20m	80m
Gonghang-dong	2.62	2.03	0.00	2.49	1.83	0.00	2.40	1.76	0.00	2.32	1.64	0.00
banghwa2-dong	0.83	0.71	0.00	0.81	0.65	0.00	0.79	0.62	0.00	0.77	0.57	0.00
Gyeyang1dong	9.28	8.15	0.35	8.95	7.80	0.00	8.72	7.40	0.00	8.57	5.77	0.00
Gyeyang2dong	1.24	0.94	0.00	1.10	0.88	0.00	1.05	0.88	0.00	1.02	0.74	0.00
Jakjeonseoun-dong	1.51	1.20	0.00	1.38	1.12	0.00	1.33	1.11	0.00	1.30	1.06	0.00
Galsan2-dong	0.04	0.02	0.00	0.03	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00
Samsan-dong	1.59	1.42	0.00	1.54	1.36	0.00	1.51	1.39	0.00	1.49	1.31	0.00
Gochon-myeon	2.98	2.29	0.00	2.73	2.10	0.00	2.61	1.99	0.00	2.53	1.63	0.00
gogang1-dong	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Sinheung-dong	0.34	0.18	0.00	0.28	0.16	0.00	0.26	0.14	0.00	0.24	0.13	0.00
Ojeong-dong	2.31	1.44	0.00	2.09	1.20	0.00	1.91	0.98	0.00	1.79	0.76	0.00
wonjong1-dong	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Sum	22.80	18.38	0.35	21.44	17.10	0.00	20.63	16.27	0.00	20.07	13.62	0.00
EupMyeonDong	10yr			5yr			2yr					
	without	20m	80m	without	20m	80m	without	20m	80m			
Gonghang-dong	2.13	1.25	0.00	1.93	0.65	0.00	1.61	0.00	0.00			
banghwa2-dong	0.74	0.44	0.00	0.68	0.19	0.00	0.56	0.00	0.00			
Gyeyang1dong	8.33	3.18	0.00	7.97	1.60	0.00	5.62	0.00	0.00			
Gyeyang2dong	0.97	0.64	0.00	0.91	0.36	0.00	0.73	0.00	0.00			
Jakjeonseoun-dong	1.24	1.13	0.00	1.16	0.77	0.00	1.05	0.00	0.00			
Galsan2-dong	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Samsan-dong	1.45	1.20	0.00	1.39	0.58	0.00	1.30	0.00	0.00			
Gochon-myeon	2.37	1.24	0.00	2.19	0.66	0.00	1.59	0.00	0.00			
gogang1-dong	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Sinheung-dong	0.20	0.10	0.00	0.17	0.06	0.00	0.13	0.00	0.00			
Ojeong-dong	1.54	0.27	0.00	1.32	0.10	0.00	0.74	0.00	0.00			
wonjong1-dong	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Sum	19.01	9.44	0.00	17.74	4.98	0.00	13.33	0.00	0.00			

Table 2. The Expected Annual Flood Damages using the Modified Method

		① Case 1	② Case 2	③ Case 3
		26,847	23,738	3,502
Annual expected flood damage	① - ②	26,847 - 23,738 =		3,109
	① - ③	26,847 - 3,502 =		23,345
	② - ③	23,738 - 3,502 =		20,236



Ref.) case 1 : without project, case 2 : after construction(20m width), case 3 : after construction(80m width)

Fig. 2. Drawing the Flood Inundation Map

주거지역 침수편입율의 세분류로 단독주택, 아파트, 연립주택이 있으며, 농업지역의 경우 논, 밭으로 구분하였다. 여기서 농업지역 중 농경지에 대한 부분은 침수 편입율이 아닌 토지피복도상의 논, 밭 면적 중 실제 침수된 부분의 면적을 나타낸 것이다.

Table 4~7는 굴포천 방수로 Case 1, Case 2 대한 2

년, 5년, 10년, 20년, 30년, 50년, 100년 빈도의 홍수에 대한 침수편입율을 나타내고 있다. 80m 방수로 사업후의 경우는 100년 빈도(7시간 강우지속시)에 대해서만 침수가 발생하였으며 인천광역시 계양구 계양1동에 49,913m²으로 나타났다. 침수지역 또한 농업지역에 국한되었다.

Table 3. Properties Value in Administrative Districts overlapped by Flood Inundation Area

EupMyeonDong	households	Structures(million won)			Contents(million won)			
		Detached dwelling	Apartment	Rowhouse	Detached dwelling	Apartment	Rowhouse	
Gonghang-dong	8,681	122,809	7,896	10,094	49,638	7,244	8,673	
banghwa2-dong	9,219	130,421	8,386	10,719	52,714	7,693	9,210	
Gyeyang1dong	5,488	27,574	6,161	9,705	9,962	5,052	7,877	
Gyeyang2dong	15,336	77,054	17,217	27,120	27,838	14,118	22,011	
Jakjeonseoun-dong	11,232	56,434	12,609	19,862	20,388	10,340	16,121	
Galsan2-dong	12,151	121,572	10,998	16,326	50,964	10,464	14,544	
Samsan-dong	8,745	87,495	7,915	11,750	36,679	7,531	10,467	
Gochon-myeon	4,431	61,707	4,195	3,505	35,657	3,631	2,628	
gogang1-dong	7,237	112,072	5,143	14,658	30,878	5,010	13,447	
Sinheung-dong	7,928	122,773	5,634	16,057	33,826	5,488	14,731	
Ojeong-dong	8,220	127,295	5,841	16,649	35,072	5,691	15,274	
wonjong1-dong	5,986	92,699	4,254	12,124	25,540	4,144	11,123	
Sum	104,654	1,139,905	96,249	168,569	409,156	86,406	146,106	
EupMyeonDong	Crops(million won)						Tangible assets & Inventories(million won)	
	Rice	Wheat& Barley	Garlic	Red pepper	Sesame	Sum	Tangible assets	Inventories
Gonghang-dong	0	0	0	0	0	0	6,325,006	210,597
banghwa2-dong	0	0	0	0	0	0	1,394,133	103,696
Gyeyang1dong	3,454	0	0	0	0	3,454	398,755	120,330
Gyeyang2dong	602	0	0	0	0	602	310,536	66,375
Jakjeonseoun-dong	505	0	0	0	0	505	790,910	186,111
Galsan2-dong	61	0	0	0	0	61	807,143	207,750
Samsan-dong	13	0	0	0	0	13	585,793	150,777
Gochon-myeon	3,876	13	33	155	9	4,086	935,961	133,858
gogang1-dong	0	0	0	0	0	0	994,986	129,050
Sinheung-dong	0	0	0	0	0	0	688,089	59,819
Ojeong-dong	0	0	0	0	0	0	8,519,332	1,174,934
wonjong1-dong	0	0	0	0	0	0	427,259	53,791
Sum	8,511	13	33	155	9	8,721	22,177,903	2,597,088

Ref. 1) Apartment(20th floors), Rowhouse(5th floors), Apartment units in a private house(5th floors).

Ref. 2) Rowhouse = Rowhouse + apartment units in a private house.

Ref. 3) No product of crops in Bucheon-si, Gangseo-gu.

Table 4. Inundation Areas to Farmland according to Return Period (Case 1) (unit : m²)

Administrative districts		2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Gochon-myeon	Rice paddy	1,341,882	1,984,032	2,098,056	2,228,499	2,283,240	2,364,516	2,555,463
Ojeong-dong	Rice paddy	561,016	1,185,947	1,375,887	1,607,148	1,718,306	1,878,196	2,085,247
Wonjong1-dong	Rice paddy	0	0	54	7,220	11,183	17,571	28,054
Sinheung-dong	Rice paddy	64,912	84,862	89,295	94,281	96,285	98,501	102,375
Gogang1-dong	Rice paddy	0	0	0	6,778	11,858	17,981	29,088
Gonghang-dong	Rice paddy	1,447,895	1,777,106	1,883,803	1,995,067	2,029,978	2,076,479	2,149,803
Banghwa2-dong	Rice paddy	544,508	666,817	677,058	687,597	691,659	696,166	701,583
Gyeyang1-dong	Rice paddy	5,072,768	7,009,141	7,121,305	7,232,642	7,298,491	7,409,606	7,587,695
	Field	0	0	0	0	0	0	12
Gyeyang2-dong	Rice paddy	431,276	629,644	664,895	709,463	733,244	769,507	854,503
Jakjeonseoun-dong	Rice paddy	500,192	623,452	661,266	681,967	689,749	703,514	749,573
Samsan-dong	Rice paddy	602,207	678,634	692,446	707,194	712,869	721,036	740,129
Galsan2-dong	Rice paddy	0	0	0	0	0	0	0

Table 5. Inundated Ratio according to Return Period (Case 1)

Administrative district	Classification	2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Gochon-myeon	Residential area	0.0018	0.0132	0.0136	0.0140	0.0140	0.0140	0.0144
	Agricultural area	0.1250	0.1849	0.1955	0.2076	0.2127	0.2203	0.2381
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0123	0.0123	0.0370
Ojeong-dong	Residential area	0.0013	0.0064	0.0084	0.0103	0.0116	0.0129	0.0161
	Agricultural area	0.1406	0.2972	0.3448	0.4027	0.4306	0.4707	0.5225
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Wonjong1-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0000	0.0001	0.0110	0.0170	0.0267	0.0427
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sinheung-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0007	0.0007	0.0053
	Agricultural area	0.5389	0.7045	0.7412	0.7826	0.7993	0.8177	0.8496
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0026	0.0026	0.0052	0.0078	0.0156
Gogang1-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0113	0.0198	0.0300	0.0486
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gonghang-dong	Residential area	0.0191	0.0191	0.0191	0.0191	0.0191	0.0194	0.0197
	Agricultural area	0.4140	0.5082	0.5387	0.5705	0.5805	0.5938	0.6147
	Industrial area	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139
Banghwa2-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.3271	0.4006	0.4068	0.4131	0.4155	0.4182	0.4215
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gyeyang1-dong	Residential area	0.0068	0.0960	0.0960	0.0964	0.0968	0.0972	0.1028
	Agricultural area	0.3748	0.5178	0.5261	0.5343	0.5391	0.5474	0.5605
	Industrial area	0.0000	0.0631	0.0631	0.0631	0.0631	0.0721	0.0721
Gyeyang2-dong	Residential area	0.0000	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0021	0.0053
	Agricultural area	0.2962	0.4324	0.4567	0.4872	0.5036	0.5285	0.5868
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0066	0.0066	0.0066	0.0197
Jakjeonseoun-dong	Residential area	0.0053	0.0132	0.0198	0.0264	0.0277	0.0317	0.0501
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0147	0.0147	0.0147
		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0092	0.0275
	Agricultural area	0.5564	0.6932	0.7353	0.7582	0.7668	0.7821	0.8330
Industrial area	0.0000	0.0000	0.0101	0.0202	0.0202	0.0202	0.0404	
Samsan-dong	Residential area	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
	Agricultural area	0.3517	0.3964	0.4044	0.4129	0.4163	0.4210	0.4321
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Galsan2-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Table 6. Inundation Area to Farmland according to Return Period (Case 2)

(unit : m²)

Administrative district		2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Gochon-myeon	Rice paddy	0	476,377	767,549	1,373,553	1,705,465	1,914,791	2,052,674
Ojeong-dong	Rice paddy	0	35,069	121,674	582,673	789,427	1,077,691	1,300,094
Wonjong1-dong	Rice paddy	0	0	0	0	0	0	0
Sinheung-dong	Rice paddy	0	5,709	21,060	66,600	73,606	82,144	87,617
Gogang1-dong	Rice paddy	0	0	0	0	0	0	0
Gonghang-dong	Rice paddy	0	565,535	872,739	1,476,375	1,596,212	1,724,151	1,837,533
Banghwa2-dong	Rice paddy	0	190,715	342,472	551,369	608,101	659,294	672,646
Gyeyang1-dong	Rice paddy	0	1,258,786	2,115,272	5,208,182	6,622,740	6,960,709	7,084,915
Gyeyang2-dong	Rice paddy	0	107,565	224,499	442,919	564,825	609,358	650,115
Jakjeonseoun-dong	Rice paddy	0	282,947	373,471	507,611	558,933	608,522	642,409
Samsan-dong	Rice paddy	0	251,707	431,758	607,050	643,232	669,968	686,615
Galsan2-dong	Rice paddy	0	0	0	0	0	0	0

Table 7. Inundated Ratio according to Return Period (Case 2)

Administrative district	Classification	2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Gochon-myeon	Residential area	0.0000	0.0004	0.0011	0.0018	0.0125	0.0129	0.0136
	Agricultural area	0.0000	0.0444	0.0715	0.1280	0.1589	0.1784	0.1912
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ojeong-dong	Residential area	0.0000	0.0013	0.0013	0.0019	0.0019	0.0058	0.0077
	Agricultural area	0.0000	0.0088	0.0305	0.1460	0.1978	0.2701	0.3258
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Wonjong1-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Sinheung-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0474	0.1749	0.5530	0.6111	0.6819	0.7273
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gogang1-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gonghang-dong	Residential area	0.0000	0.0170	0.0186	0.0191	0.0191	0.0191	1.0000
	Agricultural area	0.0000	0.1617	0.2496	0.4222	0.4564	0.4930	0.5254
	Industrial area	0.0000	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139	0.0139
Banghwa2-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.1146	0.2057	0.3312	0.3653	0.3961	0.4041
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Gyeyang1-dong	Residential area	0.0000	0.0008	0.0008	0.0076	0.0442	0.0960	0.0960
	Agricultural area	0.0000	0.0930	0.1563	0.3848	0.4893	0.5142	0.5234
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0090	0.0631	0.0631
Gyeyang2-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0011	0.0011	0.0011	0.0021	0.0021
	Agricultural area	0.0000	0.0739	0.1542	0.3042	0.3879	0.4185	0.4465
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Jakjeonseoun-dong	Residential area	0.0000	0.0053	0.0053	0.0053	0.0079	0.0106	0.0172
	Agricultural area	0.0000	0.3148	0.4155	0.5646	0.6217	0.6767	0.7143
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0101
Samsan-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
	Agricultural area	0.0000	0.1470	0.2522	0.3546	0.3757	0.3913	0.4010
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Galsan2-dong	Residential area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Agricultural area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Industrial area	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

4.2.3 유량규모별별 피해액 산정
 침수구역의 자산가치, 침수편입율, 침수심별 피해율
 를 이용하여 빈도별 피해액을 산정하였다. Table 8~11

는 Case 1~3 대해서 2년, 5년, 10년, 20년, 30년, 50년,
 100년 빈도의 홍수에 대한 피해액을 나타내고 있다.

Table 8. Flood Damages according to Return Period (Case 1)

(unit : million won)

Damage Categories		2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Residential area	Structure	1,886	3,098	3,190	3,296	5,300	5,389	5,812
	Contents	627	1,096	1,126	1,160	1,930	1,972	2,132
Agricultural area	Farmland	1,433	3,762	3,762	3,762	9,390	9,390	9,390
	Crops	1,300	2,079	2,129	2,179	3,128	3,166	3,249
Industrial area	Tangible assets	69,312	75,939	82,940	85,267	121,283	127,264	152,722
	Inventories	1,714	2,836	3,468	3,765	7,214	7,745	9,936
Infrastructure Damage		129,203	150,446	163,666	168,432	251,129	262,444	310,411
person		1,911	2,553	2,736	2,884	2,967	3,084	3,272
Total		207,386	241,810	263,018	270,745	402,343	420,454	496,924

Table 9. Flood Damages according to Return Period (Case 2)

(unit : million won)

Damage Categories		2년	5년	10년	20년	30년	50년	100년
Residential area	Structure	0	571	984	1,926	2,199	2,516	3,130
	Contents	0	195	371	641	756	863	1,110
Agricultural area	Farmland	0	151	301	1,433	1,433	1,433	3,762
	Crops	0	359	579	1,325	1,588	1,687	2,109
Industrial area	Tangible assets	0	20,381	39,795	69,312	70,145	75,146	77,793
	Inventories	0	374	781	1,714	1,853	2,685	3,077
Infrastructure Damage		0	37,321	72,520	129,337	132,089	142,855	154,121
person		0	698	1,329	1,955	2,335	2,464	2,646
Total		0	60,050	116,658	207,642	212,399	229,650	247,748

Table 10. Flood Damages according to Return Period (Case 3)

(unit : million won)

Damage Categories		2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Residential area	Structure	0	0	0	0	0	0	0
	Contents	0	0	0	0	0	0	0
Agricultural area	Farmland	0	0	0	0	0	0	0
	Crops	0	0	0	0	0	0	6
Industrial area	Tangible assets	0	0	0	0	0	0	0
	Inventories	0	0	0	0	0	0	0
Infrastructure Damage		0	0	0	0	0	0	10
person		0	0	0	0	0	0	55
Total		0	0	0	0	0	0	71

Table 11. Final Results of Flood Damages according to Return Period

(unit : million won)

	2yr	5yr	10yr	20yr	30yr	50yr	100yr
Without project	207,386	241,810	263,018	270,745	402,343	420,454	496,924
After 20m-width diversion construction	0	60,050	116,658	207,642	212,399	229,650	247,748
After 80m-width diversion construction	0	0	0	0	0	0	71

5. 경제성분석

5.1 편익의 산정

5.1.1 연평균 피해액 산정

연평균피해액이란 한해에 발생가능한 홍수에 대한 기대 피해액이라고 할 수 있으며 치수사업으로 인하여 경감된 연평균피해액을 "연평균피해경감기대액" 이라고 한다. 만일 치수사업이 제방사업일 경우에는 계획 대상규모(계획빈도)까지의 연평균피해액이 연평균피해경감기대액과 같은 의미를 가진다. 비제방사업일 경우에는 사업전과 사업후의 연평균피해액을 각각 구하여 두 값의 차를 구하면 연평균피해경감기대액을 산정 할 수 있다.

사업전·후의 연평균피해액을 계산한 결과는 Case 1 : 방수로 사업전인 경우에 1,216억원, Case 2 : 20m 임시방수로 건설 후인 경우에 348억원, Case 3 : 80m 방수로 건설 후(7시간 강우지속시) 36만원으로 계산되었다.

5.1.2 연평균피해경감기대액 산정

연평균피해액 산정결과에 의하여 연평균피해경감기대액은 Table 12와 같이 비교할 대상간의 차로써 구해진다. Table 12에서 80m방수로 건설 후에는 피해액이 극히 미미하므로, ①과 ③의 상태 및 ②와 ③의 상태를 비교 할 때에는 각각 ① 및 ② 상태에서의 연평균피해액이 거의 연평균피해경감기대액과 같게 된다.

Table 12. Computation of the Expected Annual Flood Damages

		① Case 1	② Case 2	③ Case 3
		121,646	34,785	0.36
Annual expected flood damage	① - ②	121,646 - 34,785 =		86,861
	① - ③	121,646 - 0.360 =		121,646
	② - ③	34,785 - 0.360 =		34,785

Table 13. Cost Allocation (or Distribution) for Economic Analysis

	Cost allocation(million won)			
	Sum	2005	2006	2007
Construction cost	467,10	186,84	140,13	140,13
Compensation cost	50,80	15,24	35,56	-
Management cost and others	36,10	14,44	10,83	10,83
sum	553,90	216,52	186,52	150,96

5.1.3 홍수피해 절감편익 산정

치수사업에 의한 편익은 앞에서 구한 연평균피해경감기대액과 같은 의미인 홍수피해 절감편익을 들 수 있을 것이다. 다만, 장래 경제가 성장함에 따라 총자산과 총생산액은 더 늘어날 것이므로 범람예상지역의 자산 증가를 고려하였다. 앞에서 구한 연평균피해경감기대액 중 다차원법은 2001년 기초자료들을 사용하여 계산된 값이므로, 2001·2003년 실질 GDP성장률(110.253%)을 활용하여 보정하였다. 보정 결과 다차원법은 38,352백만원, 개선법은 20,236백만원의 홍수피해 절감편익을 얻을 수 있었다.

향후의 홍수조절편익을 추정함에 있어 해당 지역의 경제성장률을 고려하기 위하여 잠재성장률에 대한 KDI 연구 결과를 이용하여 향후 10년간(2003~2012년) 5.2%로 가정하였고, 2013년 이후 10년간(2013~2022년) 성장률이 매년 0.1%씩 둔화하고, 2022년 이후에는 4.2% 계속 유지된다고 가정하였다.

홍수피해 절감편익을 구한 결과 개선법은 3조 741억원, 다차원법은 7조 896억원의 편익이 발생하는 것으로 산정되었다. 사업시행기간은 2004. 12부터 2008. 1이므로, 분석시점은 2005년, 분석기간은 50년, 편익은 2008년부터 발생한다고 가정하였다. 단, 여기에서는 현재가치화 하지 않고 경제성장률만 적용하였다.

5.2 비용의 산정

「굴포천 방수로(Ⅱ단계) 기본계획」(건설교통부, 2004)에서 고시되었던 사업비를 이용하여 연차별로 비용을 배분하였다. 이에 따르면 굴포천방수로(Ⅱ단계) 시설물 제원을 바탕으로 한 사업비 산정 결과는 Table 13과 같다. 사업비의 연차별 비용배분은 다음과 같은

기준으로 하였다.

- ① 사업기간 : 2004년 12월 ~ 2008년 1월, 3년간
- ② 공사비 : 1년차 - 40%, 2년차 - 30%, 3년차 - 30%
- ③ 용지보상비 : 1년차 - 30%, 2년차 - 70% (타 SOC사업과 동일)
- ④ 관리비 및 기타비용은 공사비와 같은 기준으로 배분

5.3 치수사업의 경제성분석 지표 및 결과

앞에서 제시한 세 가지 상황에 대한 연평균피해경감기대액을 개선법과 다차원법을 이용하여 산정하였다. 경제성분석은 20m임시방수로와 80m방수로 건설후의 결과에 대해서만 실시하였다.

앞에서 구해진 편익, 비용 결과를 가지고 다음의 기본 전제 하에 경제성 분석을 수행하였다. 분석기준년도는 2003년으로 하고 분석기간은 일반적인 공공사업에서와 마찬가지로 50년으로 하였으며, 『수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)』(한국개발연구원, 2003)에 따라 사회적 할인율은 6.0%를 적용하였다. 경제성 분석 결과를 보면, 현재가치로 할인한 비용의 합은 5,268억원인 반면, 할인한 편익의 합은 개선법이 6,637억원, 다차원법이 1조 2,578억원으로 분석되었다.

경제적 타당성을 평가하는 지표로서 비용과 편익의 현재가치에 따라 NPV, B/C, IRR 등을 사용하였으며 Table 14와 같은 결과를 도출하였다. 도출된 결과에 따라 본 사업의 시행은 경제적 타당성이 있는 것으로 판단된다.

Table 14. The results of Economic Analysis for Diversion Channel Construction in the Basin of Gulpo-Cheon Stream

Economic evaluation criteria	B/C	NPV(billion won)	IRR(%)
Modified method	1.26	1,368	7.13
MD-FDA	2.39	7,310	11.07

Table 15. Cash Flow Table to Cost-Benefit

(unit : million won)

year	Modified method				MD-FDA			
	Cost	Benefit	Present value (2003yr)		Cost	Benefit	Present value (2003yr)	
			Cost	Benefit			Cost	Benefit
2005	216,520	0	216,520	0	216,520	0	216,520	0
2006	186,520	0	175,962	0	186,520	0	175,962	0
2007	150,960	0	134,354	0	150,960	0	134,354	0
2008		23,560		19,781		44,651		37,490
2009		24,785		19,632		46,973		37,207
2010		26,074		19,484		49,416		36,926
⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮
2020		38,604		16,108		73,164		30,529
⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮
2030		56,600		13,188		107,271		24,994
⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮
2040		85,407		11,112		161,867		21,060
⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮	-	⋮
2050		128,876		9,363		244,250		17,745
2057		171,888		8,305		325,769		15,740
Sum	554,000	3740,748	526,836	663,661	554,000	7,089,601	526,836	1,257,795

개선법과 다차원법에 의한 경제성 분석 결과, 두 방법론 모두 사업의 경제적 타당성을 만족하였지만 다차원법으로 분석하였을 때 더 많은 편익을 내는 것으로 나타났다. 특히 개선법은 방수로 건설전, 20m 임시방수로 건설 후, 80m방수로 건설 후 등의 상황에 따라서 연평균 편익은 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 나타났다. 이에 비해서 다차원법은 20m 임시방수로 건설 후의 연평균 편익이 개선법과 큰 차이를 보이지 않는 대신 방수로 건설 전은 개선법보다 훨씬 크게 산정되었으며 80m 방수로 건설 후에는 개선법보다 훨씬 작은 피해액이 산정되었다.

이 같은 결과는 다차원법이 자산조사와 침수편입을 위해 피해액을 산정하기 때문에 피해지역의 자산규모 및 밀집도 등에 민감한 것으로 사료된다.

Table 15은 경제성 지표들을 도출하는 과정을 나타내는 비용-편익 흐름표이다. 현재가치화 하지 않은 총비용과 총편익을 나타내었으며, 여기에 할인율 6%를 적용한 2003년 현재가치를 나타내었다.

6. 결 론

치수사업에 있어서 수계전체의 입장을 고려한 효율

적인 방식을 실현하고 합리적인 기준에 따라 치수사업이 추진될 수 있도록, 기존 경제성분석의 문제점을 개선하여 제시한 다차원법을 골포천 방수로사업에 적용한 결과는 다음과 같다.

- 100년 빈도 침수량에 의한 침수면적에 대하여 개선법을 적용하여 Case 1 : 사업전, Case 2 : 20m 임시방수로, Case 3 : 사업후의 피해액을 산정한 결과 연평균피해경감기대액은 각 경우에 대해서 31억원(Case 1 -Case 2), 233억원(Case 1 - Case 3), 202억원(Case 2 - Case 3)으로 나타났다. 20m 임시방수로로 인한 피해경감효과는 크지 않은 것으로 나타났으며 80m 방수로가 건설되었을 때 큰 경감효과가 기대되었다.
- 다차원법을 적용하여 Case 1 : 사업전, Case 2 : 20m 임시방수로, Case 3 : 사업후의 피해액을 산정한 결과 연평균피해경감기대액은 각 경우에 대해서 868억원(Case 1 - Case 2), 1216억원(Case 1 - Case 3), 347억원(Case 2 - Case 3)으로 나타났다. 20m 임시방수로로 인한 피해경감효과는 크지 않은 것으로 나타났으며 80m 방수로가 건설되었을 때 큰 경감효과가 기대되었다.

3. 개선법과 다차원법에 의한 경제성 분석 결과, 두 방법론 모두 사업의 경제적 타당성을 만족하였지만 다차원법으로 분석하였을 때 더 많은 편익을 내는 것으로 나타났다. 특히 개선법은 방수로 건설 전, 20m 임시방수로 건설 후, 80m방수로 건설 후 등의 상황에 따라서 연평균 편익은 큰 차이를 나타내지 않는 것으로 나타났다. 이에 비해서 다차원법은 20m 임시방수로 건설 후의 연평균 편익이 개선법과 큰 차이를 보이지 않는 대신 방수로 건설 전은 개선법보다 훨씬 크게 산정되었으며 80m 방수로 건설 후에는 개선법보다 훨씬 작은 피해액이 산정되었다.
4. 다차원법은 개선법과 비교하여 동일지역 내에서 지역적 특성을 반영하고, 사업지구별로 경제성을 평가할 경우 특히 농경지, 산지부에서 과도한 평

가가 이루어지는 것을 방지하였으며, 홍수빈도에 따른 편익차이가 거의 없었던 것을 결과에서 분석이 가능하도록 개선하였다.

참 고 문 헌

- 건설교통부 (2001). **치수사업 경제성 분석 개선방안 연구**.
- 건설교통부 (2004). **치수사업 경제성분석 방법 연구**.
- 건설교통부 (2004). **굴포천 방수로(II 단계) 기본계획**.
- 통계청 (2001). **시군통계연보**.
- 한국개발연구원 (2003). **수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)**.

(논문번호:05-56/접수:2005.04.07/심사완료:2005.10.21)