

치수경제성 분석의 응용 (III)



심 명 필 |
인하대학교 환경토목공학부 교수
shim@inha.ac.kr



이 충 성 |
인하공업전문대학 토목환경과 겸임교수
인하대학교 환경토목공학부 박사과정
sung@inha.ac.kr



최 승 안 |
인하대학교 부설 수자원시스템연구소 연구원
인하대학교 환경토목공학부 박사과정
sachoi@inha.ac.kr

5. 다차원법의 적용사례

다차원법은 외국의 예와 같이 홍수범람모형이나 GIS와 통합된 시스템으로 모형화 되어 있지는 않으나 이제까지의 방법들에 비해 자산조사 항목이 많고 침수편입율과 같은 피해지역의 공간정보가 요구되기 때문에 GIS를 활용하여 침수구역과 자산의 공간적 분포를 분석하는 것이 효과적이다. 이를 위해 본고에서는 다차원법에 의한 홍수피해 산정시 GIS 활용방안을 사례연구를 통해 제시하고자 한다. 대부분의 홍수피해 산정은 세부적 설계 전단계에서 타당성이나 예비타당성조사를 위해 수행되므로 본고에서 제시한 방법은 치수계획 실무에서 활용도가 높을 것으로 판단된다.

5.1 분석의 과정 및 체계

홍수로 인한 피해를 정량화 한다는 것은 매우 복잡한 과정이다. 광범위한 의미에서 홍수피해는 정량적, 정성적 피해를 포괄하지만 정량적 피해가 경제적 피해로서 화폐가치로 계량화 할 수 있는 직·간접피해를 의미하는 반면 정성적 피해는 사회적 피해로서 주로 피해지역 주민의 정주안정성과 관련한 정서적 불안과 사회적 갈등가능성 등 계량화하기 힘든 간접피해를 의미한다. 따라서 일반적인 홍수피해산정은 정량적, 경제적, 계량적 피해를 다루게 된다. 일반적인 홍수피해산정법이 갖추어야 할 조건은 다음과 같이 세 가지를 들 수 있다(이충성 등, 2006).

- 1) 피해지역 토지이용 및 자산조사의 정밀성과 정확성 : 이는 대상지역의 잠재적 피해의 정도를 나타내는 요소로서 산정된 피해가 지역특성을 잘 설명할 수 있는가를 결정짓는다.
- 2) 정확하고 효율적인 침수구역 예측 : 이는 경제

Contents...

1. 치수사업과 경제성분석
2. 치수경제성분석 방법과 국내기준의 변천흐름
3. 치수경제성 분석
 - 3.1 비용과 편익의 흐름
 - 3.2 편익·비용분석의 평가지표
 - 3.3 연평균피해경감액의 산정절차
 - 3.4 치수경제성분석 범위와 절차
4. 다차원 홍수피해산정법(다차원법)
 - 4.1 행정구역별 대상자산조사
 - 4.2 침수편입율 산정
 - 4.3 침수피해액 산정
 - 4.4 총피해액 산정
5. 다차원법의 적용사례

적 계량화와는 별개의 공학적 요소이지만 피해의 공간적 범위를 결정짓는 결정적 요소로서 산정결과와 신뢰성을 높이기 위하여 필수적인 요소이다.

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

첫째와 둘째 조건은 홍수피해산정의 경제적, 공학적 측면의 정확·정밀성을 강조한 것이다. 반면 셋째 조건은 피해산정이 경제성분석을 전제로 하는 것이므로 일반성과 편의성 등 작업효율을 강조하고 있다. 또한 세 가지 조건은 모두 피해지역의 공간적 분포를 반영하기 위한 GIS 활용의 중요성을 내포하고 있다. 즉, GIS의 활용은 분포형 홍수피해산정법의 방법론적 완결성을 충족시키는 필요충분조건이 되는 것이

다. 본고의 홍수피해산정 개념은 이러한 조건들을 기반으로 하였으며 분석과정 및 체계를 도시하면 그림 7과 같다.

그림 7에 나타나 있듯이 다차원법은 피해지역의 읍·면·동 단위 행정구역, 침수면적 및 침수심, 토지이용 등의 공간정보를 GIS를 활용하여 행정구역단위 침수발생 면적에 대한 침수심별 주거, 농업, 산업 침수편입율을 산정한다. 이로부터 대상지역의 자산에 침수심에 따른 침수편입율과 피해율을 곱하여 침수심별 홍수피해를 산정하게 된다. 침수편입율은 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 비로 나타낸 것이다. 그림 8은 이와 같은 피해산정을 위한 본고의 자료처리 과정과 절차를 흐름도로 나타낸 것이다.

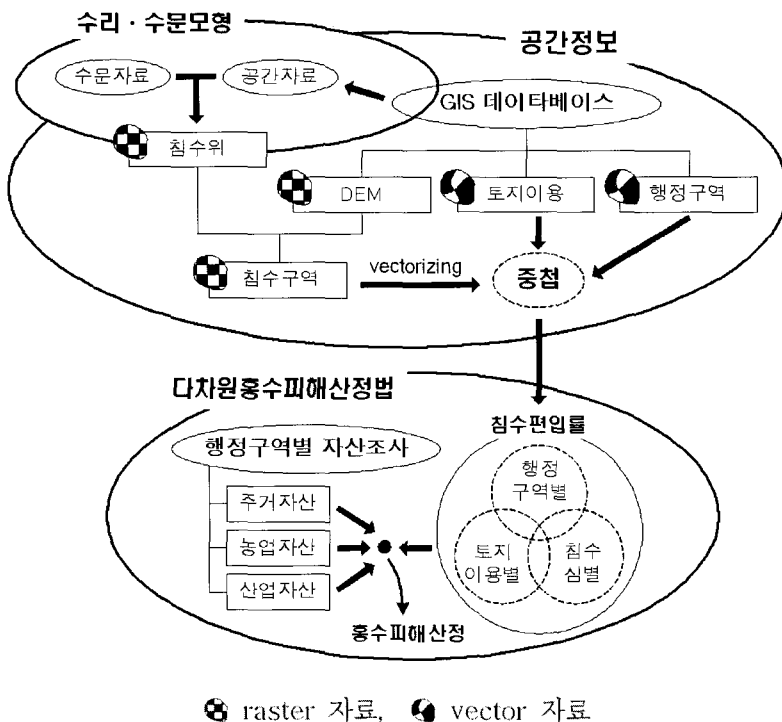


그림 7. 홍수피해산정 분석과정 및 체계

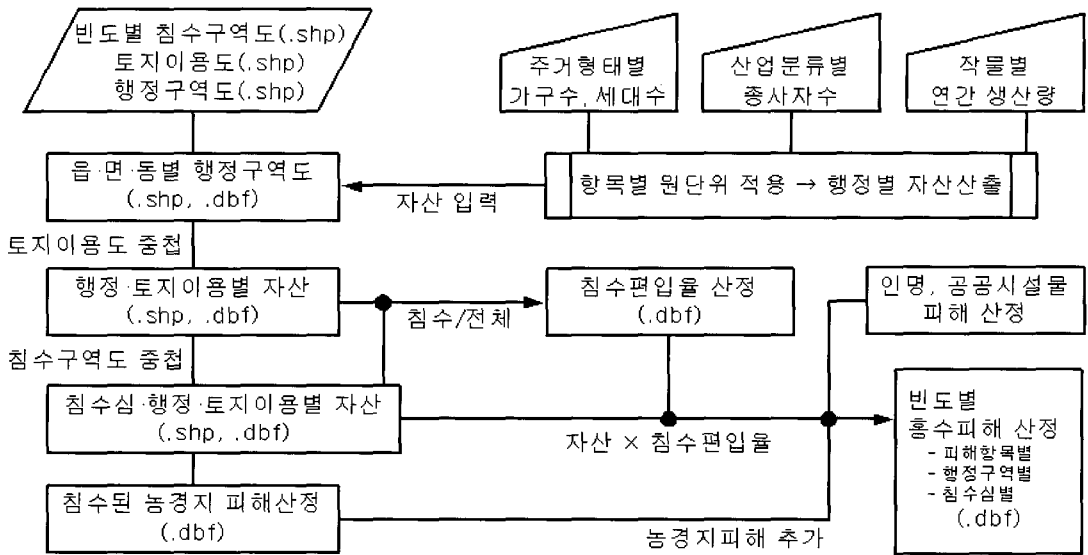


그림 8. 홍수피해 산정의 자료처리 과정

5.2 치수경제성분석 적용사례

(1) 적용대상 치수사업 : 안양천유역 목감천·도림천 방수로사업

안양천 하류는 대부분이 전형적인 인구밀집형 도시 지역으로서 분류 뿐 아니라 지천인 목감천과 도림천의 상습적 홍수피해를 겪고 있는 지역이다. 건설교통부는 안양천 유역의 홍수피해를 근원적으로 방지하기 위하여 「안양천유역종합치수계획」(2005)을 수립하였다. 특히, 목감천 중·하류유역과 도림천 유역의 수해방지를 위하여 목감천 방수로와 도림천 지하방수로를 건설하는 홍수방어대책이 포함되었으며, 총 6개 시설 투자계획 가운데 총사업비가 500억원을 상회하는 이들 사업은 예비타당성조사 대상사업으로 선정되었다.

목감천 방수로 사업은 목감천의 지류인 계수천 합류점으로부터 시흥시 은행천(지방2급 하천)과 연결하는 방수로를 개착하여 홍수시 목감천 유역 홍수량의 일부를 서해로 방류함으로써 안양천 유역의 홍수피해를 방지하고자 하는 사업이다. 한편 도림천 지하방수로 사업은 도림천의 지류인 봉천천 합류 후 지점에서 신대방로를 따라 한강 본류의 여의도 파천(갯강)으로

지하터널을 굴착하여 홍수량을 방출하기 위해 추진되는 사업이다. 두 사업은 「목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사」(한국개발연구원, 2005a)에 의해 타당성이 입증되었다. 그림 9는 이들 사업의 위치를 나타내고 있다.

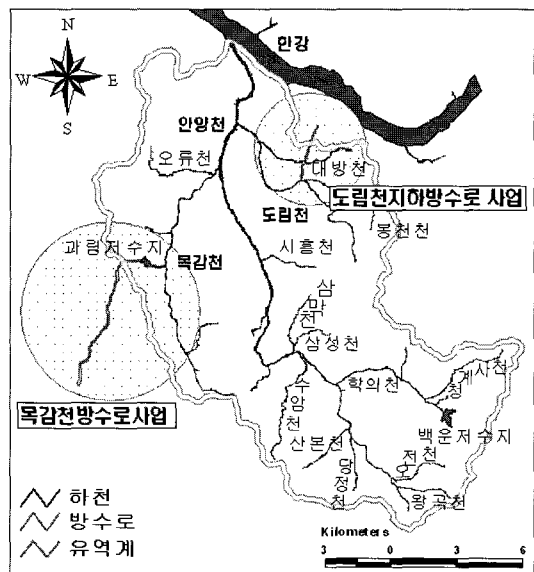


그림 9. 대상사업의 현황

(2) 홍수피해 산정

홍수피해 산정은 5.1절의 그림 8에서 제시한 절차에 따랐으며 자료처리는 ArcView-GIS 3.0을 활용하였다. 피해 산정을 위해 필요한 공간자료로는 빈도별 침수구역도, 자산분포 정보를 나타내는 토지이용현황도, 자산조사 결과의 입력을 위한 행정구역도를 사용하였다.

침수구역도는 실무에서 간편하게 산정하는 방법으로서 홍수위를 제내지로 연장하는 기존의 방식을 보완하여 총 침수용적에서 배수펌프장에 의한 내수배제

량을 차감하는 방법으로 작성하였다. 이러한 방식은 만일 홍수에경보나 주민대피경로 확보 등을 목적으로 한다면 적절하지 않으나 치수계획의 목적이 가능한 위험의 최대치를 감안하여야 한다는 것인 만큼 경제성분석의 관점에서는 큰 무리가 없을 것이다. 목감천, 도림천, 안양천 본류에서 50년, 80년, 100년 150년, 200년 빈도에 대하여 각각 사업전·후로 나누어 실시하였으며(은행천은 홍수위자료의 미비로 200년, 150년 제외) 그림 10에 사업의 계획빈도인 100년 빈도에 대해서만 나타내었다.

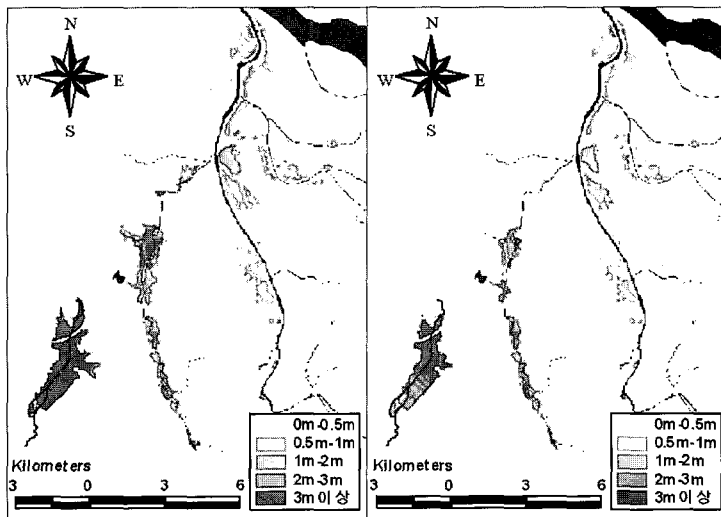
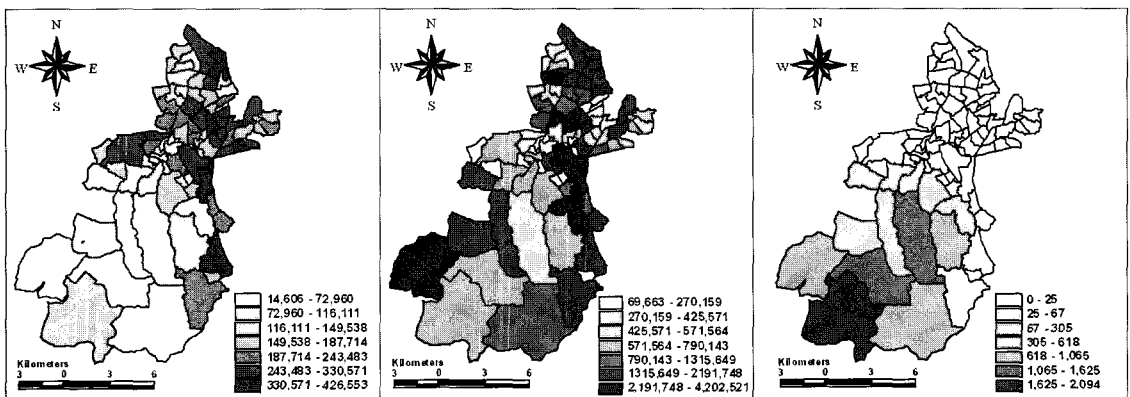


그림 10. 계획빈도 사업 전(좌)·후(우) 침수구역



(a) 주거자산(건물 및 내용물자산)

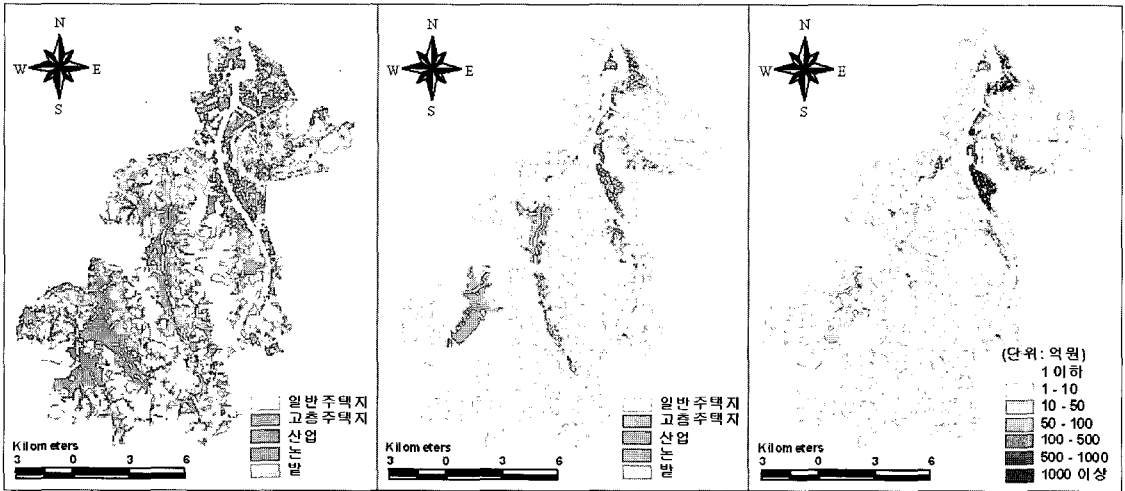
(b) 산업자산(유형 및 재고자산)

(c) 농업자산(농작물)

그림 11. 행정구역별(읍·면·동) 자산조사 결과의 입력

그림 11은 해당 시군통계연보에서 조사한 주거형태별 가구수 및 세대수, 산업분류별 종사자수, 작물별 연간생산량 등에 항목별 원단위를 적용하여 산정한 행정구역별 자산분포를 행정구역도상에 입력한 결과를 나타내고 있으며, 그림 12는 자산정보가 입력된

그림 11의 행정구역도와 토지이용현황도를 중첩하여 행정구역별·토지이용별 자산의 공간적 분포를 작성한 후, 이를 빈도별 침수구역도에 다시 중첩시켜 행정구역별·토지이용별·침수구역별 자산의 공간적 분포를 산정해 내는 과정을 나타낸 것이다. (가)와 (나)의



(가) 행정구역도와 토지이용현황도 중첩 (나) 침수구역도 중첩(사업전 100년 빈도) (c) 홍수피해분포도(사업전 100년 빈도)

그림 12. 토지이용현황도와 침수구역도를 이용한 침수편입을 산정과 홍수피해 산정

표 5. 목감천 방수로 사업의 빈도별 피해액과 연평균피해경감기대액

(단위: 백만원)

| 홍수 빈도 | 연평균 초과확률 | 빈도별 피해액 | | 구간평균 피해액 | | 구간 확률 | 구간 피해액 | | 경감액 |
|-------|----------|------------|-----------|------------|-----------|--------|---------|--------|--------|
| | | 사업전 | 사업후 | 사업전 | 사업후 | | 사업전 | 사업후 | |
| 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 6. 도림천 지하방수로 사업의 빈도별 피해액과 연평균피해경감기대액

(단위: 백만원)

| 홍수 빈도 | 연평균 초과확률 | 빈도별 피해액 | | 구간평균 피해액 | | 구간 확률 | 구간 피해액 | | 경감액 |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | | 사업전 | 사업후 | 사업전 | 사업후 | | 사업전 | 사업후 | |
| 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 |

관계에서 피해항목별 침수편입율이 산정되며, 산정된 침수편입율을 그림 11에서 입력된 행정구역별 자산에 곱하여 (c)의 홍수피해를 구할 수 있다.

일반적으로 홍수피해산정은 경제성분석을 위한 홍수피해경감편익을 구하고자 하는 목적이 대부분이므로 빈도별 피해를 산정한 후에는 이를 그림 3과 같은 방식에 따라 연평균피해로 환산하게 된다. 사업 전·후의 연평균피해경감기대액을 계산한 결과는 목감천 방수로 사업이 441.37억원, 도림천 지하방수로 사업이 121.14억원으로 계산되었으며 계산과정 및 결과는 표 5, 6에 나타내었다.

(3) 경제성분석

공공사업에 대한 경제성분석의 목적은 국민경제 전체의 입장에서 사업의 타당성을 경제적 측면에서 분석하는 것이다. 이를 위하여 사업 시행시 예상되는 각종 편익과 비용을 추정한 후, 순현재가치(NPV, Net Present Value), 내부수익률(IRR, Internal Rate of Return), 비용·편익비(B/C, Benefit·Cost ratio) 등의 경제성평가지표를 활용하여 경제성을 평가한다. 본고는 「수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)」(한국개발연구원, 2003)의 지침에 의거하여 완공 후 50년간 편익이 발생하는 것으로 가정하였으며 분석의 기준연도는 2004년으로 하였다. 사회적 할인율은 「예비타당성조사 수행을 위한 일반지

침 수정·보완 연구(제4판)」(한국개발연구원, 2005b)에 따라 운영30년까지는 6.5%, 이후 5.0%를 적용하였다.

침수사업에 의한 직접편익은 연평균피해경감기대액인 홍수피해 절감편익이다. 다차원법은 2003년 기초자료들을 사용하여 계산된 값이므로 2003~2004년 실질 GDP성장률(104.67%)을 적용하여 보정하였으며 보정된 연평균 피해경감 기대액은 목감천 방수로사업이 461.98억원, 도림천 지하방수로사업이 126.80억원으로 계산되었다. 또한 미래 경제가 성장함에 따라 예상침수구역의 자산 증가를 반영하기 위한 경제성장률은 한진희 등(2002)의 잠재성장률 연구에 따라 2004년부터 9년간(2004~2012년) 5.2%, 2013년 이후 10년간(2013~2022년) 성장률이 매년 0.1%씩 둔화하고, 2022년 이후에는 4.2%로 계속 유지된다고 가정하였다.

경제성분석을 위한 비용은 총 사업비 중에서 보상비를 제외한 나머지 항목에 포함된 부가가치세 10%를 제외하여야 한다. 또한 용지보상비에서는 건물을 제외한 용지의 경우 일반적으로 경제성 분석기간이 종료된 후에는 잔존가치를 가지므로 마지막 연도에 음(-)의 비용으로 반영하여야 한다. 그러나 본고의 대상사업에서 보상된 용지는 모두 하천구역으로 수용되므로 잔존가치가 없는 것으로 반영하였다. 표 7은 이러한 원칙들에 따라 산정된 비용의 연차별 배분을

표 7. 비용의 연차별 배분

(단위: 백만원)

| 대상사업 | 계 획 기 간 | | 건 설 기 간(공사비 투입기간) | | | | | 합 계 |
|------|---------|-------|-------------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | |
| 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 |

※ 출처 : 「목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사 보고서」(한국개발연구원, 2005a)

표 8. 경제성 분석 결과

| 경제성평가지표 | 목감천 방수로 | 도림천 지하방수로 |
|----------|---------|-----------|
| B/C | 4.83 | 3.57 |
| NPV(백만원) | 975,155 | 249,918 |
| IRR(%) | 19.90 | 17.08 |

나타낸 것이다. 한편, 유지관리비는 현행지침에서 공사비의 0.5~2%로 제시하고 있으나, 최근 수자원사업에는 작다는 문제점이 자주 제기되어 「하천의 유지관리방안 연구」(건설교통부, 2004b)에서 제시한 3%를 적용하였다.

표 8은 산정된 비용과 편익에 의한 경제성분석 결과로서 B/C, NPV, IRR을 나타내고 있다. B/C는 목감천 방수로사업이 4.83, 도림천 지하방수로사업이 3.57로 분석되어 비교적 큰 수치를 나타내고 있다. 본고의 대상사업이 이처럼 큰 경제성을 나타낸 것은 사업의 영향지역이 인구밀집 도시지역이고 구로구와 시흥시와 같은 산업공단지역이 포함되어 있음을 반영한 결과로 판단된다.

5.3 다차원법 적용에 대한 고찰

다차원법은 침수지역의 자산가치를 직접 반영하여 홍수피해가 지역의 개발정도에 비례하여 산정되고 객관적인 자료를 근거로 하기 때문에 이론적으로도 현실성이 있는 방법이다. 그러나 다루어야 할 자료의 양과 그 처리과정이 복잡하여 편의성 면에서는 기존 방법들에 비해 취약한 것으로 평가된다. 따라서 다차원법의 편의성을 제고하기 위해서는 두 가지 방향의 개선이 이루어져야 하는데 첫째는 침수심별 피해함수의 유도이다. 정확한 피해함수는 복잡한 자산조사 과정을 간소화 시킬 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 침수면적대 피해함수를 도출하는 기존방법과는 다른 차원이다. 홍수피

해는 사전에 방지하는 것이 정책의 기본일 것이다. 그러나 이미 일어난 홍수피해라면 이를 통해서 중요한 정보를 획득할 수 있도록 심층적 사후분석체계가 마련되어야 할 것이다. ●

참고문헌

- 건설교통부(2004a). 치수사업 경제성분석 방법 연구.
- 건설교통부(2004b). 하천의 유지관리방안 연구.
- 건설교통부(2005). 안양천유역종합치수계획.
- 이충성, 최승안, 심명필, 장준경 (2006). “도시지역과 전원지역의 홍수피해 비교를 통한 홍수피해산정방법의 적정성 평가.” 국토연구, 국토연구원, 제48권, pp. 통계청(1999). 국부통계조사 보고서.
- 한국개발연구원(2003). 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판).
- 한국개발연구원(2005a). 목감천 방수로·도림천 지하방수로 건설사업 예비타당성조사.
- 한국개발연구원(2005b). 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구(제4판).
- 한국수자원학회(2005). 하천설계기준·해설.
- 한진희, 최경수, 김동석, 임경목 (2002) 한국경제의 잠재성장률 전망: 2003~2012. 한국개발연구원.
- 행정자치부(2002). 재해연보.
- 日本 建設省(2000). 치수경제조사 매뉴얼.
- 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.
- BTRE (2002) Benefits of flood mitigation in Australia. Bureau of Transport and Regional Economics Report 106.
- USACE (1998) HEC-FDA : Flood Damage Analysis User's Manual.