

치수경제성 분석의 응용 (I)



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

1. 치수사업과 경제성분석

최근 이상기후로 인해 홍수가 빈발하게 발생하고 있으며 홍수피해의 규모도 도시화에 따라 점점 대형화되고 있는 실정이다. 수해로 인한 인명과 재산을 보호하기 위해서 예방차원의 치수사업은 필수적이며, 치수경제성 분석은 이러한 치수사업의 투자비용과 효과를 분석하여 경제적 효율성을 평가하고 사업의 타당성 여부를 결정하는 중요한 판단기준이 된다. 치수사업의 시행에 따른 성공여부는 국가경제 전반에 걸쳐 지대한 영향을 미치게 될 것이다.

치수사업의 경제성분석은 하천정비 및 하도개수, 제방축조, 유수지 및 댐 등의 홍수방지 시설을 포함한 구조물적 방안과 홍수예경보, 저수지운영 및 홍수터관리 등의 비구조물적 대책 모두를 대상으로 하게 된다. 유역단위의 치수계획을 수립하기 위해서는 다양한 단위사업을 대상으로 복합적인 경제성 평가가 필요하다. 치수계획은 구조물적 방안뿐만 아니라 비구조물적 방안을 조합하여 대안을 수립할 수 있으며, 치수경제성분석도 다양한 단위사업안과 다수의 대안을 복합적으로 고려하여야 한다.

치수사업은 국민의 안전과 재산을 보장하는 공공사업이므로 경제성분석 지표만을 가지고 사업시행 여부를 판단할 수는 없으나, 경제적 타당성은 사업의 추진여부를 결정하는 데에 중대한 지표가 된다. 치수사업의 경제성분석은 수리·수문학적 분석과 다양한

사회경제적인 요소가 포함되기 때문에 분석범위가 넓고 전문성과 정확성을 필요로 하는 작업이라 할 수 있다. 특히 치수사업은 인명피해를 막을 수 있을 뿐만 아니라 사회기반시설의 안전과 직결되므로 관련산업에 미치는 파급효과가 크다. 그러나 아직도 다양한 간접편익을 포함한 투자효과를 정량화하는 방안에 대한 연구가 다른 공공개발사업에 비해서 미흡한 실정으로 지속적인 연구가 필요하다.

일반적으로 치수사업의 시행여부는 기술적 및 경제적으로 타당성이 있더라도 크게는 두 가지 측면에서 문제가 제기될 수 있다. 첫째는 치수사업은 대체로 대형 프로젝트이므로 치수구조물의 건설로 인한 환경·생태계의 변화를 야기할 수 있다는 점이다. 이는 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발의 개념과 맥을 같이 한다고 볼 수 있다. 다음으로는 치수사업은 수몰지역이나 거주민의 이주문제 등의 사회적인 문제가 발생할 여지가 있으므로 사회적 수용성 문제가 따르게 된다.

본고에서는 수회에 걸쳐서 치수경제성 분석방법의 일반적 흐름을 소개하고, 현재 실무에서 사용하고 있는 다차원 홍수피해산정법(MD-FDA, Multi-Dimensional Flood Damage Analysis)의 절차와 적용사례를 설명하고자 한다. 기존 경제성분석의 문제점을 개선한 다차원법은 예상피해지역의 일반자산조사(건물, 건물내용물, 농경지, 농작물, 사업체유형·재고자산 등)를 통하여 피해규모를 산정하고 피해를 적용하여 보다 객관적이고 정확한 예상홍수피해액을 산정할 수 있을 것이다.

2. 치수경제성분석 방법과 국내기준의 변천

경제의 기본원칙이란 “최소비용으로 최대의 효과를 얻는 것”으로서 “저비용 고효율”이라고 할 수 있

다. 경제성평가(economic evaluation)는 사업의 경제적 효율성을 분석하여 투자의 타당성을 검토하는 것을 말한다. 경제성평가는 어느 투자대안이 기술적으로 가능한가, 경제적, 사회적으로 어느 정도의 효율성을 갖고 있는가, 재무적으로는 타산이 맞는가 등에 대해 종합적으로 검토하게 된다. 경제성분석(economic analysis)은 경제성을 평가하기 위한 기법이라 할 수 있다.

경제성분석은 일반적으로 편익·비용분석(BCA; Benefit Cost Analysis) 또는 비용·편익분석(CBA)이 사용되고 있다. 이 방법은 1936년 미국 홍수방지법(The United States Flood Control Act)의 편익·비용분석 개념을 미국 공병단(U.S. Army Corps of Engineers)에서 홍수투자방지분석에 응용하였던 것이 효시라고 할 수 있다. 이후 1950년 미국에서는 편익·비용분석의 지침서인 'Green Book(원제: Proposed Practices for Economic Analysis of River Basin Project)'을 완성함으로써 공공투자사업의 결정과정에 있어서 경제성분석의 근거를 마련하였고 1960년대부터는 미국뿐만 아니라 세계 각국에서 그 적용범위가 점차 확대되어 수자원, 항만, 철도, 도시재개발 사업뿐만 아니라 각종 농업투자계획, 교육투자계획, 공해방지투자 등 광범위한 공공투자계획의 평가에 쓰이고 있다.

우리나라에서 치수사업의 경제성분석방법과 기준은 여러 차례 변천 역사를 가지고 있다. 1985년 『하천시설기준』에서 제시한 치수경제성 분석방법은 직접 피해액을 산정함에 있어 농경지, 공공시설물, 기타 피해액 및 간접피해액 등을 사업지구의 농작물 피해액과 관련시켜 산정한 일종의 원단위법이라 할 수 있으며, 이후 2000년까지 몇 차례 개정판이 발간되었으나 개선 없이 그대로 사용되어 왔다.

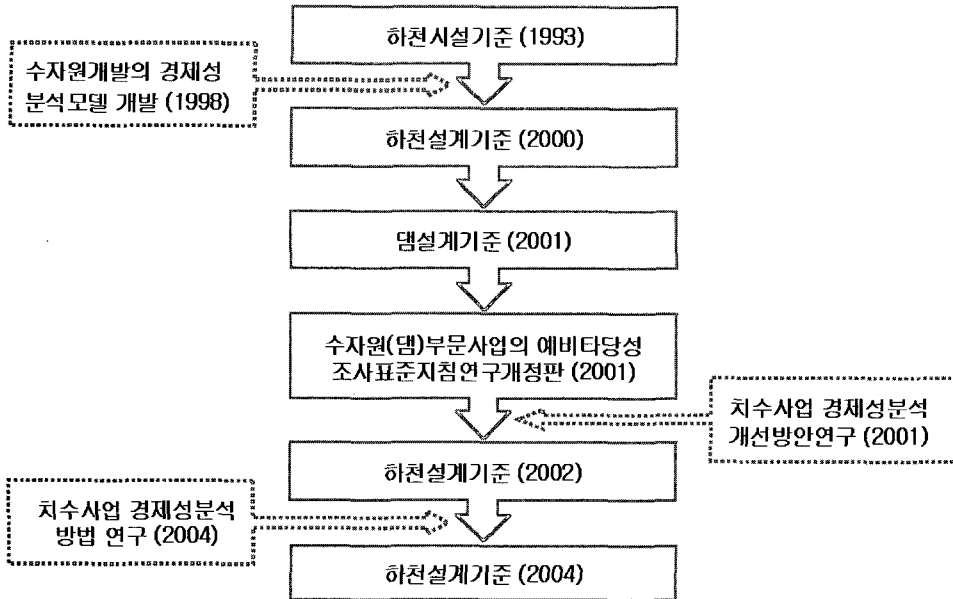
2002년 『하천설계기준』(건설교통부, 2002)에서는 기존의 방법을 달리한 침수면적-피해액 관계식을 도출하여 2004년까지 사용하여 왔다. 이 방법은 침수면적-피해액 관계식을 과거의 자료(재해연보)를 기초로 회귀분석으로 구하였으며 건물, 농경지, 공공시설

물, 기타피해액과 공공시설물이 피해를 입을 경우의 간접편익(교통시설의 손실 기회비용, 하천시설물의 손실 기회비용)을 고려하여 전체 피해액으로 산정하였다. 이러한 방법은 과거에 발생한 홍수에 의한 실제 피해액이 얼마나 충실히 조사·산정되었는지 여부에 따라 정확성이 결정된다고 할 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 재해연보 자료의 신뢰성에 의문이 제기될 수 있으며, 또한 단순히 도시유형 및 인구에 따른 분류(즉, 대도시, 중소도시, 전원도시, 농촌지역, 산간지역으로 구분)에 의하여 피해액을 구하는 것은 피해항목별 피해액이 각 분류에 대한 평균을 취하기 때문에 정밀도에서 문제가 제기되었다. 회귀분석법은 몇 년 동안의 적용결과 여러 가지 문제점들이 지적되었으며, 보다 타당하고 합리적인 개선방안의 필요성이 대두되었다.

일반적인 치수경제성 분석을 위해서는 먼저 범람 구역내의 자산조사가 이루어져야 한다. 일본의 『치수경제조사 매뉴얼(건설성, 2000)』과 미국의 여러 연구 보고서는 이와 같은 방법을 이용하고 있으며, 우리나라의 경우 피해자산의 조사가 이루어져 있지 않았기 때문에 지금까지 적용하는데 어려움이 있었다. 그러나 최근 인터넷을 통해 읍면동 행정구역단위로 자산조사가 가능해졌고 GIS기법을 이용하여 피해대상지역의 침수피해율의 산정이나 기타 자료의 입수가 가능하므로 보다 정확한 홍수피해액을 산정할 수 있는 방안이 가능하게 되었다.

건설교통부는(2004) 『치수사업 경제성분석 방법연구』를 통해 피해예상지역의 자산조사에 기초한 다차원 홍수피해산정법(MD-FDA, Multi-Dimensional Flood Damage Analysis)을 제시하였고, 『하천설계기준 해설』(한국수자원학회, 2005)에서 채택되어 현재 치수사업의 경제성분석을 위해 실무적으로 사용되고 있다. 다차원법은 과거의 홍수피해를 근거로 산정했던 틀을 벗어나서 침수가 발생한 지역에 대한 특성을 피해액 산정에 반영함으로써 보다 구체적이고 정확한 예상홍수피해액을 산정할 수 있다.

이수, 치수 및 수환경을 포함한 수자원사업 중에서



출처) 건설교통부 (2004). 치수사업 경제성분석 방법연구.

그림 1. 우리나라 치수경제성분석 기준의 변천

도 치수사업의 경제성분석은 아직도 각종 편익의 범위와 객관적인 기준과 지표, 그리고 환경 및 사회적 비용의 정량화에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 한국개발연구원(KDI)의 「수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)」에서는 댐 건설사업에 대한 타당성평가를 위해 홍수조절편익을 포함한 용수 편익, 관개편익, 발전편익, 그리고 기타편익 등을 산정하는 방법을 제시한 바 있다. 그림 1은 우리나라 치수경제성 분석의 기준과 그와 관련된 변천흐름을 보여주고 있다.

3. 치수경제성 분석

3.1 비용과 편익의 흐름

치수사업에 대한 경제성평가는 총비용과 그 투자에 대한 총편익을 비교하게 된다. 편익과 비용은 동일한 기준으로 비교하여야 하므로 분석기간의 총편익

과 총비용을 현재가치화하여 평가하여야 한다.

그림 2는 치수사업의 분석기간(평가대상기간) 동안 치수시설물의 비용과 치수사업에 의해 얻는 편익의 흐름을 보여주고 있다. 평가시점을 현재가치화의 기준시점으로 하고, 분석기간은 치수시설의 건설기간(또는 정비기간)과 완성후의 평가기간을 포함하게 된다. 치수시설의 건설비용과 완성후의 평가기간 50년간의 연간 유지관리비가 비용이 되며, 치수시설물의 건설로 인해 얻는 연평균 피해경감기대액은 편익이 된다. 이들 비용과 편익을 할인율을 이용해서 현재가치화 한 것의 합계가 각각 총비용과 총편익이 된다.

그림 2에서는 제방 등의 치수시설을 예로 들어서 정비기간 동안에도 편익이 발생하는 것을 보여주고 있으며, 댐 등의 치수구조물의 평가에서는 시설이 완성된 후에 편익이 발생하게 된다. 평가에서는 총비용과 총편익을 비교하기도 하나 부속구조물이나 시설물의 내용연한이 다르므로 연간균등비용과 연간균등편익을 평가기준으로 하는 것이 보다 일반적이다. 연간

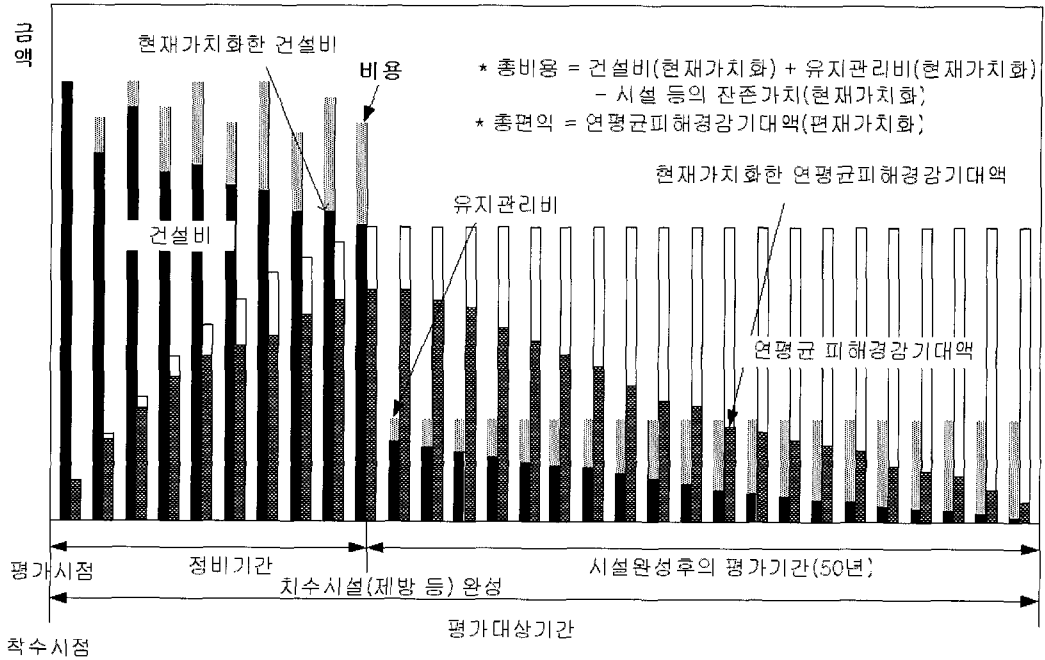


그림 2. 평가기간의 비용 및 편익흐름

균등비용과 연간균등편익은 총 사업기간에 발생하는 일련의 비용과 편익을 각각 기준년도의 현재가치로 할인하고 이를 합산하여 전 기간동안 균등하게 발생하도록 구한 연간균등액을 뜻한다.

3.2 편익·비용분석의 평가지표

분석기간에 발생하는 편익과 비용을 산정한 후에 이들을 평가하기 위해서는 일반적 기준이 필요하다. 이러한 기준을 평가기준 또는 평가지표라고 한다. 구체적인 편익·비용분석의 평가지표로는 순현재가, 편익·비용비 및 내부수익률과 같은 지표가 이용되고 있는데 적용하는 목적과 투자사업의 특성에 따라 각각 장단점을 갖고 있다. 이러한 평가지표는 투자사업을 평가하는데 서로 배타적인 개념이 아니라 보완적인 기준으로 쓸 수 있다.

(1) 순현재가(NPV; Net Present Value)

순현재가는 투자사업으로부터 미래에 발생할 순편익

(net benefit)을 현재가치화하여 합산한 것이다. 순현재가(純現價)는 순(純)과 현(現)이 접두사로 붙은 복합어라 할 수 있다. 여기서 '순(純)'이란 net를 의미하며 편익에서 비용을 뺀 값으로 순편익을 뜻한다. 현(現)이라 다른 시점의 값을 현재를 기준으로 환산한 값을 의미한다. 현재기준으로 환산하기 위해서는 적절한 할인율을 결정하는 것이 중요한 문제이다. 결과적으로 '순현재가'는 미래의 연도별 순편익을 현재가로 할인하여 산출하며, 다음 식(1)과 같이 나타내며, 분석기간이 끝난 후에 자산의 잔존가치(residual value)가 남아있다면 감가상각을 고려하여 추가하게 된다.

$$NPV = \frac{B_0 - C_0}{(1+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n}$$

$$= \sum_{t=0}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t}$$

여기서, B_t : t 차년도에 발생하는 편익
 C_t : t 차년도에 발생하는 비용

NB_t : t 차년도에 발생하는 순편익 또는
순가(= $B_t - C_t$)

n : 분석기간

r : 할인율

(2) 편익·비용비(B/C; Benefit-Cost Ratio)

편익·비용비(또는 비용·편익비)는 현 시점으로 할인된 총편익과 총비용의 비를 나타내며 식(2)와 같다.

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (2)$$

(3) 내부수익율(IRR; internal rate of return)

내부수익율은 편익·비용비가 1이 되는 할인율(0)을 의미하며 순현재가로 평가할 때는 순현재가가 0이 되도록 하는 할인율을 말한다. 이를 식으로 나타내면 식(3)과 같다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (3)$$

할인된 순편익의 합계가 0이 되는 r 을 구하면 그 값이 투자사업의 예상수익률을 의미하게 된다. 영어의 원어를 고려한다면 ‘수익율’ 보다는 ‘반환율’이라는 번역이 더 맞을 듯하다. 즉, 투자된 비용이 완전히 반환되는 할인율이라는 뜻을 의미한다. 한편으로는, 총비용을 회수하여 최소한 ‘break-even’ 상황을 유지한다고 할 때 예상되는 수익률이라고 볼 수도 있다.

이 지표는 순현재가나 편익·비용비를 구하는데 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명하거나 어려운 점이 많을 때 적용하는데, 내부수익율에 관련하여 사업 개발자는 최소투자수익율을 설정하고 내부수익율이 최소투자수익율에 미치지 못하는 투자 사업은 참여하지 않게 된다. 내부수익률이 큰 사업일수록 유리한 사업으로 판정되며, 사업간의 우선순위를 결정할 때는 내부수익률의 크기를 직접 비교하면 된다.

3.3 연평균피해경감액의 산정절차

치수경제성 분석에서 편익산정은 침수로 인한 대상지역의 연평균피해경감액으로부터 구하며, 연평균 피해액의 기본식과 차별화 식은 다음과 같다.

$$E(D) = \int_{h_0}^{\infty} D(h)P(h)dh = \int_{h_0}^{\infty} D(h)dF(h) \quad (4)$$

$$E(D) = \sum D(h) \cdot P(h) \Delta H \quad (5)$$

여기서, $E(D)$: 연평균피해액 기대치

$D(h)$: 수위가 일 때 피해액

$P(h)$: 수위가 일 때 확률밀도함수의 종거

$F(h)$: 수위가 일 때 누적분포함수

h_0 : 무해수위

ΔH : 수위간격

치수사업 전후의 피해액의 차이(피해경감액)가 편익에 해당하며, 연평균피해경감액의 일반적인 산정절차는 다음과 같다.

- ① 홍수빈도별 유량에 대한 치수사업 전후의 범람구역 추정
- ② 홍수빈도별 범람구역의 치수사업 전후의 피해액 산정
- ③ 치수사업 전후의 빈도별 피해경감액에 연평균 발생확률(빈도의 역수)을 곱하여 연평균피해경감액(연평균편익에 해당) 산정
- ④ 구간별로 합산하여 치수사업에 의한 총편익과 총비용 산정
- ⑤ 경제성분석 지표 산정

그림 3은 치수경제성분석의 연평균피해액경감액의 산정절차를 그림으로 나타내고 있다. 유량규모(빈도)에 대한 치수사업 전후의 침수면적을 구하여 각각 예상피해액을 산정한 후 이들의 차이를 구하여 피해경감액을 산정한다. 유량규모를 구간확률로 차별화하여 구하게 되므로, 피해경감액에 임의 빈도의 유량과 다음 유량간의 구간 발생확률을 곱하면 연간 기대

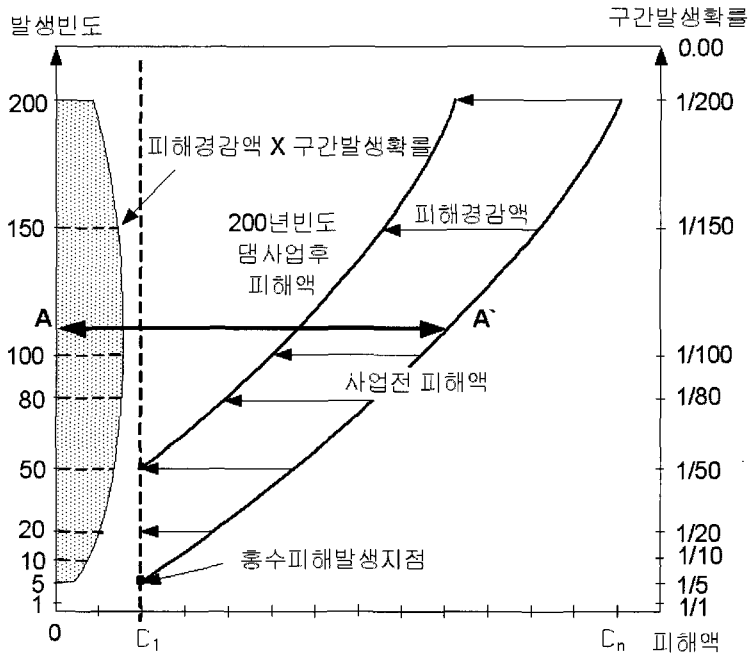


그림 3. 연평균피해경감액 산정

치인 연평균피해경감액을 구할 수 있다. 계획대상 규모까지의 연평균피해경감액을 순차적으로 구하여 누계하는 방법으로 총 연평균피해경감기대액을 구하면 연평균 편익에 해당한다.

예를 들어, 200빈도의 홍수를 막을 수 있는 댐을 설치할 경우의 연평균편익은 그림 3의 음영면적에 해당하게 된다. 즉, 홍수빈도의 구간별로 나누어 특정

빈도에 대한 침수피해액(AA)과 구간평균피해액을 구하고, 구간의 빈도확률을 곱하여 이를 200년 빈도까지 누계한 음영면적을 산정하면 된다.

제방을 설치할 경우 사업후의 설계빈도까지는 피해가 발생하지 않으므로, 설계빈도까지의 사업전 피해액 곡선의 아래 면적이 연평균피해경감액이 된다.

(다음호에 계속)