

# 치수경제성분석기법의 조사 및 비교

여규동<sup>1)</sup> 최승인<sup>2)</sup> 이충성<sup>3)</sup> 심명필<sup>4)</sup>

## 1. 서론

홍수는 강우로 인한 하천 등지에서의 평소보다 훨씬 많은 수체(水體)를 의미하며, 만약 이 수체가 자연제방이든 인공구조물이든 넘쳐서 평상시에 흐르지 않는 곳에 흐름으로 인해 인간이나 사회에 피해를 준다면, 이를 홍수피해라 할 수 있다.

어느 국가나 사회를 막론하고 좀더 효율적인 각종 치수대책을 강구하여 피해를 줄이고자 하는 희망을 갖는 것은 같을 것이다. 그러나 이러한 희망은 무한한 반면, 그것을 충족시키기 위한 수단을 실행하기에는 한계가 있기 때문에, 그 치수대책을 단순히 실행하는 것이 아니라, 어떻게 활용하는 것이 가장 최적의 상태에 도달할 지를 모색해야 한다. 여기서, 최적의 상태에 도달하기 위해 모색하는 것을 치수사업에 적용하였을 때 치수경제성 분석이라 할 수 있다. 경제적인 효율성 측면 외에도 지역 간의 형평성과 그 수단의 효과를 극대화하기 위한 일관성이 고려되는 것을 포함한다.

일반적인 치수경제성분석의 절차는 수위, 유량, 빈도, 홍수범람해석 등의 수리·수문학적 분석을 실시하고, 범람구역 내에서의 자산조사, 예상피해액 산정, 대상사업의 비용산정 등의 경제학적 분석을 통하여 투자효율을 분석하는 것이다. 본 연구에서는 기존의 국내 치수경제조사 기준과 그와 관련된 보고서를 통해 편익에 해당하는 예상피해액산정상의 문제점을 지적하고, 외국의 치수경제성과 비교하여 개선방향을 제시하였다.

## 2. 본론

치수경제성분석은 치수사업을 실시하기 전에 그 지역에서 수리·수문학적 요소에 의한 예상침수로부터 사업의 있고, 없고에 따른 예상피해액을 산출하여 편익으로 하고, 사업비를 산정하여 비용으로 한 후 경제성 분석을 실시하는 것이다. 공학적 조사분석 요인으로는 빈도별 홍수량, 홍수에 대한 저수지운영 모의자료, 하도의 홍수추적자료, 수위-유량곡선, 빈도-유량곡선, 침수위 및 침수피해 상황, 퇴사 준설량의 추정자료, 수로 개선비용 등을 들 수 있고, 경제적 요인으로는 홍수 범람 지역의 자산가치, 홍수위-피해곡선, 홍수에 대한 간접손실요인 등을 들 수 있다. 경제성 분석을 통하여 얻을 수 있는 주요 결과는 직접편익인 홍수피해 경감액과 간접편익으로 응급대책피해의 방지 등이다.

예상피해액산정을 좀더 상세히 설명하면, 치수사업지구에 있어서 빈도별 홍수량에 의한 범람구역을 등지반고의 지구별로 침수심과 침수일수를 추정하고, 그것에 의한 지구내에 포함되는 모든 사회·경제적인 항목들에 대한 피해액을 산정하는 것이라 할 수 있다.

### 2.1 외국의 치수경제성분석

#### (1) 미국의 치수경제성분석

- 1) 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 토목공학과 석사과정
- 2) 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 토목공학과 박사과정
- 3) 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 토목공학과 박사과정
- 4) 정회원 · 인하대학교 환경토목공학부 토목공학과 교수

수위-피해 관계는 치수사업의 편익-비용분석에 있어서 가장 중요한 방법으로, 이러한 피해합수들은 홍수 피해기록국가자료(National Data of Flood Damage Records)로부터 계산된다. 수위-피해 관계는 일반적으로 내용물가치와 건물가치에 대한 피해백분율로 나타내어진다. 피해에 영향을 미치는 홍수측면에서의 변수는 홍수심, 홍수재현시간, 홍수체의 유속, 홍수기간, 유사량, 그리고 홍수대피경고시간이다. 비록 이러한 모든 요소들이 홍수피해를 일으키는데 관련되었다고 할 수 있으나, 대부분 과거의 평가절차는 설명적인 변수인 홍수심에 초점을 두었다.

구조물은 보통 내구적인 건물로 정의되고, 건물의 가치는 감가상각된 구조물의 교환가치를 산정함으로써 평가된다. 가정용품은 보통 영구적으로 설치되지 않은 가정내에 있는 모든 것으로 정의되며, 기준 수위-피해 관계들은 내용물-구조물가치비로 나타낸다.

새로운 수위-피해합수를 계산하는데 있어서, 다양한 홍수위에서 일어나는 피해의 범위를 결정하기 위한 3가지의 기본적인 방법이 있다.

<표 1> 미국의 수위-피해합수 산정방법

구분	내용	장점	단점
홍수후 설문 (Post-Flood Interview)	- 실제 홍수피해발생후 현지 설문조사를 통해 수립 · 주거지 수위-피해합수를 계산하는데 가장 정확한 방법 · 합수개발 후 장래의 분석자가 사용가능	· 실제 발생한 홍수빈도와 크기를 직접 결정 · 홍수전 모든 재산의 상태를 감가상각을 고려하여 결정 · 다른 어떤 피해유형들을 포함할지 않을 지를 결정	· 시간과 돈이 많이 듦 · 단일 홍수사상에만 적용 피해산정은 하나의 수위만에 의해 각 구조물에 이용
합성피해 산정방법 (Synthetic Damage Estimate)	- 몇몇의 가상의 홍수정도에 의해 발생하는 피해 산정 · 가상홍수위에 대한 피해는 응답자의 참여정도에 따라 산정 · 최근에 홍수정보가 없을 때 사용되어질 수 있다. · 구조물의 요소들과 가정용품들의 수리 및 교체비용과 평균민감도를 나타낸다.	· 홍수사상을 필요로 하지 않음 · 홍수후 설문방법보다 빠르고, 비용이 적게 듦	· 가정의 성격이 가상적임
피해합수 적용방법 (Adaptation of Existing Curve)	- FIA 혹은 타지역 수위-피해합수를 지역에 맞게 적용 ① 우세한 구조물유형 확인 ② 대상 범위, 지구, 지역의 홍수상황 확인 ③ 다른 홍수피해합수들의 재검토 ④ 각 곡선을 위한 개조요소 결정 · 적절한 수위-피해합수를 찾은 후 피해의 크기, 변질점, 피해합수의 모양, 피해가 시작되는 수위를 조사	· 최소의 시간과 비용 필요 · 조사를 필요로 하지 않고, 어떤 최근의 홍수도 필요하지 않음	· 가장 불확실한 방법 · 적용되는 피해합수가 제대로 산정되지 않았거나, 개조를 하는데 있어서의 추정이 부정확하다면, 결과는 나쁘게 나옴

같은 침수위에 같은 물건이나 건물이 침수되더라도 그 건물의 연령 및 특성에 따라, 혹은 내용물의 위치 등에 따라서 피해는 다양하게 나타난다. 따라서 어떤 지역에서의 수위-피해합수를 개발하기 위해서는 건물가치를 평가하는 것이 필요하다. 그 방법으로는 감가상각 대체비용(Depreciated Replacement Cost), 시장자료(market data), 세금평가(tax assessment)가 사용되는데, 주로 감가상각 대체비용, 시장자료가 많이 쓰이나, 그 중에서 감가상각 대체비용이 가장 정확한 방법이다.

(2) 일본의 치수경제조사

일본의 치수경제조사에서의 피해액산정방법은 <표 2>과 같다. 침수심-피해율은 대상지역을 선정하여 실제 홍수가 일어난 후의 상황을 토대로 산정된 것들이다.

격자 데이터(지반고, 자산, 구배 등)와 범람해석에 따른 침수심에서 격자마다의 범람피해액을 산정한다. 또, 이것들을 합계함에 따라 범람원에 있어서의 확률규모별의 범람피해액을 산정한다. 그리고, 이 범람피해액에 홍수생기확률을 곱하는 것에 의해, 최종적으로 편익(B)인 연평균피해경감기대액을 산출한다.

<표 2> 일본의 치수사업의 주요효과와 피해액산정방법

분 류			산 정 방 법		
피 해 방 편 익	직 접 피 해	자 산 피 해 역 지	일반	건물	건물평가액 × 침수심별 피해율(지반구배고려)
			자산	가정용품	세대당 평가단가 × 침수심별 피해율
			피해	사업소상각·재고	종업자수 × 산업별평가단가 × 침수심별 피해율
				농어가상각·재고	농어가 1호당 평가단가 × 침수심별 피해율
				농작물피해	재배면적 × 평년수확량 × 작물단가 × 침수심·침수일수별 피해율
		공공토목시설 등	일반자산피해액 총합 × 공공시설별 피해율('85~'96수해통계의 전국 평균)		
		인명피해 억지효과			
	간 접 피 해	가 동 피 해 역 지	영 업 정 지 피 해	가계	
				사업소	사업소의 종업자수 × 영업정지 · 정제일수 × 1인 1일당 부가가치액 ※ 정제일수는 정지일수의 2배
				공공·공익서비스	
사 후 피 해 역 지		응 급 대 책 비 용	가계	- 청소노동대가 : 세대수 × 세대당 노동단가 × 청소소요 총 일수 - 대체활동 등의 출비 : 세대수 × 피해단가	
			사업소	- 청소노동대가 : 영업정지손실과 중복되므로 산정하지 않음 - 대체활동 등의 출비 : 침수사업소수 × 피해단가	
		국·지방공공단체			
		교통 및 라이프라인 절단, 영업정지파급피해			
		정신적 피해억지효과			
고도화편익지가상승 등					

주) 표중의 □ 은 일본 치수경제조사 매튜얼(案)에서 피해율이나 피해단가를 명시한 항목

## 2.2 국내의 치수경제성분석

### (1) 현행 치수경제성분석의 기준

하천치수사업에 대한 경제성평가는 1985년 “하천시설기준”에 마련된 경제성분석방법을 그대로 적용한 “하천시설기준(1993)”이후부터 2001년 “치수사업 경제성분석 개선방안연구”를 발간하기 전까지 치수사업 경제성분석에 있어서 문제점은 많이 제기되었지만 어떠한 변화도 없었다.

<그림 1>에서 “A”는 세부적인 방법은 다르지만 일본과 미국의 방법이며, “B”는 현재 우리나라의 방법이다. 전자의 경우 범람구역내의 자산조사와 수위-피해관계식이 이루어져 있어야 가능한 방법이다. “A”방법은 예상피해지역내의 피해항목과 침수심을 고려되기 때문에 예상침수구역의 피해를 좀더 정확히 나타낼 수 있으나, 우리나라의 경우 침수심에 따른 피해자산의 조사가 이루어져 있지 않았기 때문에 현재 사용하기에는 어려우며, 자산조사를 실시하지만 정작 사용되어야 할 피해액을 산정하는데는 이용되지 않고 있다. “B”의 경우 과거에 발생한 홍수에 의한 실제 피해액이 얼마나 충실히 조사되었는지 여부에 따라 정확성이 결정된다. 그러나 두 가지 방법을 비교했을 때, 범람구역의 자산조사를 통한 예상피해액을 구하는 방법(“A”)이 피해액을 산출하는데 있어서 좀더 정확하다고 할 수 있다.

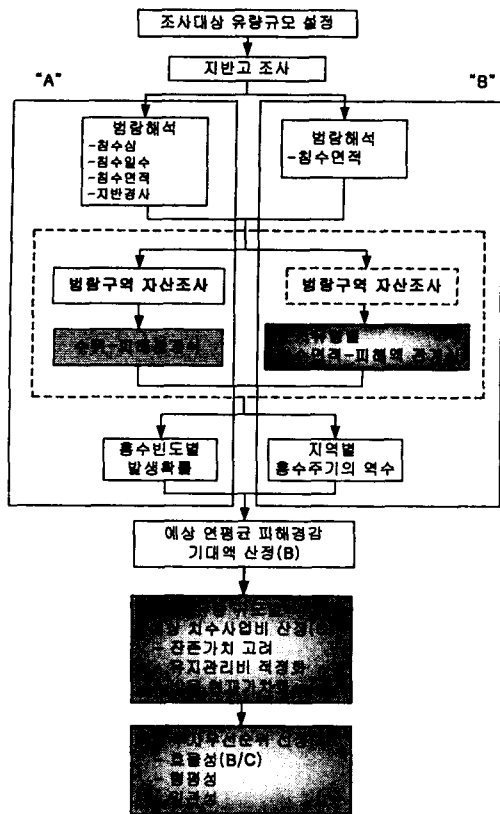
### (2) 치수경제성분석의 문제점

‘치수경제성분석개선방안연구’에서 제시한 식의 적합도가 평균 0.65로 적게 나타났는데 이유는 다음과 같다.

첫째, 여러 이유로 홍수피해에서 큰 비중을 차지하는 사업체의 피해와 가정에서의 개인자산피해 등이 조사 대상에서 제외되어서 피해규모 작게 산정되고 있다. 이는 편익을 감소시킴으로서 경제성을 낮게 책정하게 되고, 반드시 필요한 사업임에도 불구하고 사업을 포기하게 한다.

둘째, 식 자체가 치수사업지역의 자산을 5가지로 구분하여 평균값을 구하기 때문에 실제사업지구에서의 경제상황과 지역특성을 정확히 반영할 수 없다.

셋째, 현재의 방법은 ‘재해연보’를 통해서 산정식을 만들었기 때문에 침수면적만을 독립변수로 하였다. 따라서 실제홍수피해의 강도에 중요한 영향을 미치는 침수심과 침수일수를 무시하고 있다.



<그림 1> 치수경제성분석 절차

넷째, 현행식은 침수면적이 적은 경우에는 상수항의 값이 과다하여 지배적인 인자로 작용하여 편익은 차이가 거의 없고, 비용의 과소에 의하여 경제성 분석결과가 지배된다.

다섯째, 홍수피해 주기대로 침수피해가 발생하는 것으로 가정하였으나, 이는 홍수빈도를 제대로 고려하지 못한다.

### (3) 개선방향

현재 우리나라 치수사업경제성분석 기준의 문제점은 재해연보에서 조사된 피해액이 정확하게 조사가 되었다는 가정하에서 침수심을 무시하고 피해액을 산정한다는데 그 원인을 들 수 있다. 이를 근본적으로 해결하기 위해서는 "A"와 같은 방법을 통해서 예상피해액을 산정해야 한다. 이를 위해서는 수위-피해관계식을 도출하는 작업이 필요하다. 여기에 포함할 수 있는 항목으로는 건물, 가정용품, 사업소의 상가·재고자산, 농어촌 상가·재고자산, 농작물, 가축 피해 등을 들 수 있다. 그러나 인명 및 이재민, 공공시설물 등과 같이 수위-피해관계식 만으로는 산정할 수 없는 항목들이 있는데 이러한 것들은 지역별 침수면적·손실인명수(명/ha)나 침수면적·손실액(원/ha)과 같이 과거의 자료를 통해 피해율을 구한다.

'연평균 피해경감기대액(편익)'을 산정할 때 고려하는 각각의 유량규모(빈도)에 대한 침수면적은 사업지구마다 다르게 나타난다. 즉, 침수면적이 크다고 해서 반드시 빈도

가 높다는 것을 의미하는 것이 아니다. 따라서, 유량규모에 대한 예상침수면적을 구하여 피해액을 산정한 후, 어떤 유량규모와 다음 유량규모간의 유량이 발생할 수 있는 연평균 발생확률을 해당 유량에 대한 예상피해액에 곱하여, 계획대상유량까지의 피해경감 기대액을 누계하는 것에 의해 연평균 피해경감 기대액을 산정한다.

### 3. 결론

치수사업은 인간이 살아있는 한 계속해서 실행될 것이며, 사업을 하는데 적지 않은 돈이 든다. 경제적으로 사업을 하기 위해 실시하는 경제성분석에 있어서 여러 문제점을 내포한다면 그것 자체가 무용지물이며, 없으니만 못 할 수도 있다. 여태까지 치수사업 경제성분석 과정에서 수리·수문학적인 내용에 비해 예상피해액을 산정하는 데 있어서 많은 연구가 없었던 것이 사실이다. 현재의 방법으로는 분명히 한계점을 가지므로 빠른 시일 내에 우리도 미국이나 일본과 같이 수위-피해관계식을 통해 피해액을 산정할 수 있도록 연구가 되어야 할 것이며, 더 나아가 침수일수, 홍수유속, 유사량 등이 함께 고려된다면 좀더 정확한 방법이 될 것이다.

### 4. 참고문헌

건설부(1993), "하천시설기준"  
 건설교통부(2001), "치수사업 경제성 분석 개선방안 연구"  
 건설교통부(2002), "하천설계기준2002"  
 한국수자원공사(1998), "수자원개발의 경제성 분석모델 개발-다목적댐 편익산정을 중심으로"  
 USACE(1992), "Catalog of Residential Depth-Damage Functions - Used by Army Corps of Engineers in Flood Damage Estimation"  
 USACE(1995), "Procedural Guidelines for Estimating Residential & Business Structure Value for Use in Flood Damage Estimations"  
 건설성 하천국(2000), "치수경제조사 매뉴얼(案)"