

계층화분석기법을 통한 구조물적 홍수방어 최적대안 선정 방안 연구

A Method for Selecting a Structural Optimal Flood Mitigation Plan Using Analytic Hierarchy Process

이정호* · 전영준** · 안재현*** · 김태웅****

Lee, Jeong Ho · Jun, Young Joon · Ahn, Jae Hyun · Kim, Tae Woong

Abstract

Various dimensions of watershed structural/non-structural planning can be applied in comprehensive flood mitigation plan in a river basin. Especially structural counterplans have very broad and diverse nature as flood control facilities. It is not easy to find the optimum alternative to maximize the ability of a basin to reduce flood risk using a combination of structural counterplans. In addition, there is no standard for evaluating the performance of structural counterplans and for selecting optimal combination of them. This study focused on how to select the best alternative of a comprehensive watershed structural plan from various flood defense alternative candidates. By introducing an analytic hierarchy process, we would like to show how we decide the best alternative using standard worksheets developed in this study for economics and policy evaluation, and Expert Choice 11.5, which calculates weights for evaluation items. Based on the results from this study, we would like to suggest the best practice of a standardized watershed plan for flood protection.

Key words : Structural flood mitigation plan, Optimum alternative, Analytic hierarchy process

요 지

유역종합치수계획 수립 시 유역 내 적용이 가능한 구조물적·비구조물적 치수계획은 매우 광범위하고, 특히 그 중에서도 구조물적 홍수방어 시설들의 특성은 매우 다양하다. 이들을 조합하여 유역의 홍수 저감능력을 최대화 하는 최적대안을 선정하는 것은 쉬운 일이 아니며, 현재 구조물적 홍수방어 후보대안에 대한 적절한 평가 기준이나 다양한 홍수방어 후보대안들 중 최적대안의 선정에 관한 지침 또한 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 후보대안들에 대한 치수 경제성 및 정책성 평가 결과를 바탕으로 최적대안을 선정하는 과정에서, 의사결정기법 중의 하나인 계층화분석기법을 도입하여 적용함으로써 평가항목들 간의 가중치 결정 및 최적대안을 도출하는 과정을 제시하였다. 후보대안들 각각의 하위 세부 평가항목들의 가중치 결정에는 계층화분석기법 전용 프로그램인 Expert Choice 11.5를 활용하였으며, 연구 결과를 바탕으로 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 있어 보다 표준화된 절차를 제시하였다.

핵심용어 : 구조적 홍수방어 계획, 최적대안, 계층화분석기법

1. 서 론

최근 빈발하고 있는 기상이변과 급속한 도시화로 홍수 피해가 급증하면서 기존의 하도 중심 치수계획의 한계가 확인됨에 따라 홍수를 유역전체에서 다양한 방법으로 분담하는 유역종합치수계획이라는 면개념의 유역단위 치수계획이 대안으로서 등장하게 되었다(건설교통부, 2005b). 유역종합치수계획이란 홍수유출을 억제할 수 있는 자연과 인공 시설물을 유역 전반에 걸쳐 총체적으로 연계 이용함으로써 유역의 홍수 저감능력을 극대화 하는 계획을 말한다. 이는 기존의 일차원

적인 하천 중심의 치수대책에서 벗어나, 유역이 지니고 있는 치수기능을 최대한 살릴 수 있는 이차원적인 치수대책으로, 구조물적 치수대책과 비구조물적 치수대책을 모두 포함한 계획이다(건설교통부, 2006). 하지만 유역 내 수립 가능한 치수계획은 매우 광범위하고, 특히 홍수방어 시설들의 매우 다양한 특성 상 이들의 조합으로 이루어진 구조물적 홍수방어 후보대안들 중에서 최적대안을 선정하는 것은 쉬운 일이 아니다. 일반적으로 유역종합치수계획에서는 유역의 현황 조사를 바탕으로 현재 및 목표연도 홍수량을 산정하고, 초과 홍수량에 대해 유역의 홍수방어계획을 세운 후, 홍수방어 후보대안

*한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-Mail:tarrloss@hanmail.net)

**한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

***정회원 · 서경대학교 토목공학과 조교수

****정회원 · 한양대학교 건설환경시스템공학전공 조교수(교신저자)

중 구조물적 대안에 대해서 수리·수문학적 평가와 치수 경제성 및 정책성 평가를 바탕으로 우선순위를 결정하는 과정을 거쳐 최적대안을 선정하게 된다. 하지만 아직까지 유역종합치수계획에서 구조물적 홍수방어 최적대안의 선정에 관한 지침은 미흡한 실정이다.

치수 경제성 평가는 다른 사회 간접자본의 분석 및 평가에 비해 정량화가 힘들기 때문에 다른 어떠한 분야보다도 연구가 많지 않은 편이다(여균동, 2003). 한국수자원공사(1998)는 미국과 일본의 홍수조절 편익산정 방법을 소개하였으며, 기존의 기준에 대한 내용과 문제점을 지적하였다. 건설교통부(2001c)는 기존 치수경제성 평가 방법의 문제점을 파악하고, 과거의 피해자료를 통한 편익추정 방법을 개선하였으며, 건설교통부(2001a)는 하도와 유역을 고려한 종합적인 치수대책 수립에 목적을 둔 치수 경제를 연구하였으나 기존의 자산조사 기법과 같은 세밀한 조사를 수행하지는 않았다. 치수 정책성 평가 또한 이제까지 그 중요성의 간과 및 정량화의 어려움으로 인해 연구 결과가 많지 않은 편이지만, 최근 한국개발연구원(2001;2003b;2004)에서는 치수사업 시행에 있어 정책성 분석의 필요성과 중요성을 강조하였으며, 기본평가항목과 특수평가항목의 두 가지 항목으로 나누어 평가를 시행하고 있다.

본 연구에서 치수 경제성 평가에는 기존의 경제성 평가방법을 보완하기 위해 건설교통부(2004)에서 제시된 다차원 홍수피해 산정방법을 사용하였으며, 치수 정책성 평가 또한 기존의 틀을 개선하기 위하여 안전위험성, 지속가능성, 정책의 사결정의 세 가지 대분류를 설정한 후 각각의 하위 평가 항목들을 통해 평가를 수행하였다. 또한 문산천 유역에 대해 모의적인 구조물적 홍수방어 최적대안 선정 과정을 예시함으로써 유역종합치수계획 수립 시 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 활용될 수 있는 보다 표준화된 절차를 제시하였다. 각 후보대안들에 대한 가상적인 치수 경제성 및 정책성 평가를 수행하였고, 유역종합치수계획에 있어 구조물적 홍수방어 최적대안 선정 과정을 하나의 의사결정 과정으로 간주하여, 건설교통부(2007)에 따라 다양한 의사결정기법들 중 계층화 분석기법(Antalytic Hierarchy Process, AHP)을 유역종합치수계획에 가장 적합한 의사결정기법으로 판단하고, 이를 최적대안 선정에 적용하였다. 최근 국내 유역종합치수계획에 계층화 분석기법을 적용한 사례 중 대표적인 것으로는 낙동강 유역 종합치수계획(건설교통부, 2005a), 안성천수계 유역종합치수계획(건설교통부, 2006) 등이 있다.

본 연구에서는 유역종합치수계획 수립 시 구조물적 홍수방어 최적대안 도출을 위해 선정된 후보대안들의 치수 경제성과 정책성 평가 결과를 바탕으로 AHP 기법을 적용한 설문 조사를 통해 세부 평가항목들 간의 가중치를 결정하여 최적대안을 선정하는 과정을 모의적으로 수행하였다. 먼저 의사결정나무모형 기법을 이용하여 문산천 유역의 모의적인 구조물적 홍수방어 후보대안들을 선정하고, 선정된 구조물적 홍수방어 후보대안들 각각의 치수 경제성 및 정책성 평가 절차를 표준화하기 위한 방법으로 국내·외 자료들을 조사 분석하였으며, 유역종합치수계획에 필요한 정책성 항목들을 선정함으

로써 AHP 기법의 평가 항목들을 구성하였다. 이해를 돕기 위해 문산천 유역의 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 이용될 AHP 기법의 계층 구조도를 제시하였고, 치수 경제성 및 정책성 평가 후 여러 보고서와 안성천, 낙동강, 안양천 등에 적용된 AHP 기법의 설문지를 바탕으로 AHP 설문지를 작성하여 조사를 실시하였다. 마지막으로 설문조사 결과를 AHP 분석 전문 프로그램인 Expert Choice 11.5와 연계하여 치수 경제성 및 정책성 분석의 세부 평가항목들 간의 가중치를 결정함으로써 후보대안들 중 문산천 유역의 구조물적 홍수방어 최적대안을 도출하는 과정을 수행하였다.

2. 구조물적 홍수방어 후보대안들의 평가

2.1 구조물적 홍수방어 후보대안

본 연구에서는 문산천 유역에 적용된 구조물적 홍수방어 후보대안들(변성호 등, 2008)에 대한 평가를 실시하였다. 이는 홍수방어 시설들로 조합되어 구성된 후보대안들에 대한 치수 경제성 및 정책성 평가를 하는 과정이다. 적용 대상 유역인 문산천은 경기도 파주시 탄현면 내포리 임진강 하류부 좌안측으로 유입, 임진강에 합류하는 유역면적 188.20 km², 유로연장 29.2 km인 한강의 제2지류로서 유역의 동쪽은 신천 유역과 서남쪽으로는 탄포천 및 곡릉천 유역, 그리고 북쪽으로는 임진강 본류 잔유역과 접하고 있다. 지방하천은 양주시 백석읍 영장리에서 시작하여 파주시 광탄면 창만리에서 국가 하천으로 바뀌며, 이후 파주읍·광탄면·월릉면의 경계를 이루면서 파주시 문산읍에서 임진강과 합류한다. 문산천 유역은 홍수취약지구로서 오랜 시간 동안 토사가 쌓여 썰물 때가 되어도 물이 제대로 빠져나가지 못하기 때문에 매년 홍수 때마다 수해로 피해를 입고 있고, 현재까지 유역종합치수계획이 수립되어 있지 않은 유역이라는 점을 감안하여, 본 연구의 모의적인 구조물적 홍수방어 최적대안의 적용 유역으로 선정되었다.

후보대안들은 문산천 유역의 계획 홍수량 및 초과 홍수량 산정 결과를 토대로, 의사결정기법 중 하나인 의사결정나무모형을 이용한 3단계의 분류과정을 통해 홍수방어 시설들을 조합하여 선정하였으며(변성호 등, 2008), 그 결과 문산천 유역 내 설치 가능한 홍수방어 시설들을 포함하고 있는 문산천 유역의 개략도 및 평가될 문산천 유역의 모의적인 구조물적 홍수방어 후보대안들을 각각 그림 1과 표 1에 제시하였다.

2.2 후보대안들의 치수 경제성 평가

과거 치수사업에 대한 경제성 평가에는 주로 1985년 하천 시설기준에 마련된 경제성 분석 방법, 즉, 제방 축조를 통한 농도보호와 인가보호를 편익으로, 제방축조 공사비와 유지보수비를 비용으로 하여 비용편익 분석을 통해 해당 사업의 경제성을 분석하는 기법이나, 간편법 등이 주로 사용되었다(건설교통부, 2004). 그러나 그동안 경제·사회적 여건들이 크게 변화했기 때문에 기존의 경제성 평가방법을 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 이에 따라 본 연구에서는 기존의 경제성 평가 방법을 보완하기 위해 건설교통부(2004)에서 제시된 다

표 1. 문산천 유역의 구조물적 홍수방어 후보대안(변성호 등, 2008)

대안	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4
내용	발랑저수지 증고/ 홍수조절지 (갈곡천)	발랑저수지 증고/ 홍수조절지 (갈곡천)/ 천변저류지(봉서1지구)/ 천변저류지(신산지구)	발랑저수지 증고/ 홍수조절지 (갈곡천)/ 천변저류지(봉서1지구)/ 천변저류지(신산지구) / 천변저류지(봉암지구)	발랑저수지 증고/ 홍수조절지 (갈곡천)/ 천변저류지(봉서1지구)/ 천변저류지(신산지구) / 천변저류지(봉서2지구)



그림 1. 문산천 유역 내 설치 가능한 홍수방어 시설

차원 홍수피해 산정방법을 선정된 구조물적 홍수방어 후보대안들의 모의적인 치수 경제성 평가에 사용하였다. 자산조사 및 예상피해액 산정의 절차를 거쳐 편익과 비용을 산정하였고, 최종적으로 후보대안들의 경제성을 편익·비용비(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)의 세 가지 지표를 이용하여 평가하였다. 그러나 자산조사 및 예상피해액 산정 절차에서 연구자 개인으로서는 문산천 유역의 실제 자료를 구하는데 많은 어려움이 있어, 부득이하게 일부 자료는 가정 하에 평가를 실시하였음을 밝혀둔다.

2.2.1 편익·비용비(Benefit-Cost Ratio, B/C)

편익·비용비(B/C)는 정해진 기간 내에 분석 대상 사업에 투입된 비용 대비 편익의 비율을 나타내며 다음과 같이 나타낸다.

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

여기서 B_t 는 t 년도에 발생하는 편익, C_t 는 t 년도에 발생하는 비용, n 은 분석기간, r 은 할인율이다. 본 연구에서는 분석기간을 30년, 할인율을 6%로 가정하여 연구를 진행하였다. 식(1)에 나타난 바와 같이 B/C란 투자사업으로 인해 발생하는 편익의 연평균 현재 가치를 비용의 연평균 현재가치로 나눈 값이며, 이 비율이 클수록 투자효과가 크다고 볼 수 있다. 즉, B/C는 투자자본의 효율성을 나타내며, 모든 조건이 동일한 경우 편익·비용비가 높은 사업이 우선 사업으로 채택된다. 이 기법은 단순히 편익과 비용의 절대규모에 관심을 두

기 때문에 투자효과가 큰 사업이 유리하게 나타나는 NPV의 문제점을 피하고, 여러 가지 사업을 객관적인 입장에서 비교할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 즉, 사업에 투자한 자본의 규모를 고려한 상태에서 편익의 크기를 확인할 수 있다.

2.2.2 순현재가치(Net Present Value, NPV)

순현재가치(NPV)는 투자사업으로부터 미래에 발생할 순편익을 현재 가치화하여 합산한 것이다. 순현재가치는 편익에서 비용을 뺀 값을 현재를 기준으로 환산한 값을 의미한다. 현재 기준으로 환산하기 위해서는 적절한 할인율을 결정하는 것이 중요한 문제이다. 할인율은 고시된 할인율이 없는 경우 외국의 예나 시중 은행의 대출 할인율을 고려하기도 한다. 결과적으로 순현재가치는 미래의 연도별 순편익을 현재가로 할인하여 산출하며, 식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV = \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{k=1}^n \frac{NB_k}{(1+r)^k} \quad (2)$$

투자의 분석기간(n)이 끝난 후에 자산의 잔존가치(residual value)가 남아있다면 고려하여야 하므로, 이 경우의 순현재가치는 아래 식과 같다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \left[\frac{NB_t}{(1+r)^t} \right] + \frac{S_n}{(1+r)^n} \quad (3)$$

여기서 S_n 은 잔존가치이다. 이 지표는 상대적인 기준이 아니기 때문에 결합되는 사업 간의 우선순위를 결정할 때 혼란을 초래할 우려가 있다. 그러나 규모가 비슷한 시설물을 서로 비교할 때는 의미가 크며, 수자원 개발과 같이 자원 개발의 여지가 제한된 경우에 유용한 척도가 된다.

2.2.3 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR)

내부수익률(IRR)은 B/C가 1이 되는 할인율을 말하며, IRR은 순현재가치로 평가할 때는 순현재가치가 0이 되도록 하는 할인율을 의미한다.

$$\frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{NB_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (4)$$

위 식에서 최초 연도(0차 연도)에는 편익이 없는 것으로 간주하고, 다음 해부터 할인된 순편익의 합계가 0이 되는 r 을 구하면 그 값이 투자사업의 예상 수익률을 의미하게 된다. 내부 수익률이 큰 사업일수록 유리한 사업으로 판정되며, 사업 간의 우선순위를 결정할 때는 내부 수익률의 크기를 직접 비교하여 판단한다.

표 2. 치수 경제성 평가 결과(예시)

치수 경제성 평가 결과			
	B/C	NPV (백만원)	IRR
대안 1	2.262	1588.03	30%
대안 2	2.223	1775.77	29%
대안 3	2.105	1771.22	26%
대안 4	2.344	2279.85	32%

2.2.4 후보대안들의 치수 경제성 평가 결과

편익·비용비(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)의 세 가지 지표를 통해 문산천 유역 후보대안들의 모의적인 치수 경제성을 평가한 결과를 표 2에 제시하였다.

치수 경제성 평가 결과, 대안 4의 경우 편익·비용비(B/C)와 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR)의 모든 지표에 대한 결과가 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 유역종합치수계획에서 고려해야 할 치수 정책성 부분의 여러 요소에 대한 고려가 포함되지 않은 결과이기에 치수 경제성 평가 결과만으로 최적대안을 선정하기에는 무리가 따른다. 따라서 최적대안 선정을 위해서는 후보대안들의 치수 정책성 평가와 평가항목들 간의 가중치를 결정하는 절차가 수행되어야 한다.

2.3 후보대안들의 치수 정책성 평가

치수 정책성 평가는 경제성 평가에는 포함되지 않으나 사업의 타당성 등에 관련된 항목에 대한 평가이다. 사업 시행으로 인한 사회적 편익 또는 비용을 계량화하여 편익/비용 분석 틀 속에 포함시킬 수는 없으나 사업의 시행 여부를 판단하는 데 있어서 고려하여야 할 평가 요소들에 대한 분석을 포함한다. 본 연구에서는 그림 2와 같이 구조물적 홍수방어 후보대안들의 모의적인 치수 정책성 평가에 안전위험성, 지속가능성, 정책의사결정의 세 가지 대분류 하에 홍수피해 잠재능, 생태자연도, 지역낙후도, 사업추진의지 및 선호도, 관련정책과의일치성

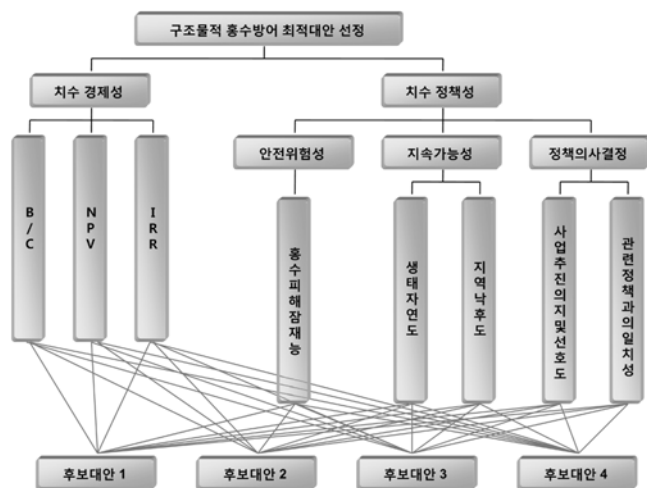


그림 2. 구조물적 홍수방어 최적대안 선정을 위한 평가항목 계층도

책성 분석을 수행하였다. 그러나 치수 경제성 평가의 경우와 마찬가지로, 치수 정책성 평가의 하위 요소에 해당하는 모든 항목의 실제적인 자료를 조사하는 데는 연구자 개인으로서는 많은 어려움이 있었기 때문에, 부득이하게 일부 자료는 가정 하에 평가를 실시하였음을 밝혀둔다.

2.3.1 홍수피해 잠재능(Potential Flood Damage, PFD)

홍수피해 잠재능이란 특정 치수 단위구역의 잠재적인 홍수 피해 취약 정도를 나타내는 지수이다. PFD는 치수계획에 있어 기존의 치수사업자들이 치중했던 선개념에서 면개념을 도입하여 공간적인 비교가 가능하도록 하였으며 수문 요소뿐만 아니라 사회 경제적인 요소까지 포괄하여 단위구역의 치수특성 및 사회경제적인 가치를 함께 판단한 것이다(건설교통부, 2003). 구역별 치수 특성과 투자 우선순위를 결정하기 위하여 잠재성(지역 중요도)과 위험성(홍수피해 가능성) 및 방어능력을 기준으로 해당 구역의 홍수피해 잠재능을 분류하여 구역별 치수 특성과 투자 우선순위를 결정하기 위한 참고자료로 활용할 수 있다. 홍수피해 잠재능을 결정하기 위해서는 해당 유역의 인구밀도, 공시지가, 문화재 수, 중요시설 밀도, 피해액, 도시화율, 확률강우량, 지형특성, 외수방어 및 내수방어 능력 등이 하위 요소로 고려된다.

2.3.2 생태 자연도

생태 자연도는 일정 지역의 자연 경관 및 생물상의 희귀성, 고유성, 풍부성, 지역 대표성을 고려하여 각각의 생태계(산림, 하천, 도시, 농지, 호소, 해양)에 대한 가치를 등급화한 것이다. 자연 환경 보전법에 따라 실시한 자연 환경 조사를 기초로 국토의 생태학적인 가치를 종합하여 보호가치가 높은 지역(1등급), 완충지역 및 보호가치가 있는 지역(2등급), 이용가능 지역(3등급) 및 각 개별법에서 관리하는 별도 관리지역으로 구분한 것이다.

2.3.3 지역 낙후도

지역 낙후도를 평가에 반영하기 위해서는 현재의 지역별 낙후 정도에 대한 객관적인 평가가 선행되어야 한다. 지역 낙후 정도를 평가할 수 있는 가장 대표적인 변수는 지역 소득이다. 그러나 시, 군, 구별 소득 자료를 구하기 어렵기 때문에 한국개발연구원(2001)에서는 사업 시행지역의 상대적 낙후 정도를 나타내기 위하여 지역 낙후도 지수를 개발하여 사용하고 있다. 지역 낙후도 지수는 낙후 정도를 구성하는 지표들의 가중 평균으로 나타난 지수이다. 지역 낙후도 지수를 구성하는 지표로는 건설교통부가 개발 추진 지구 지정에 사용하는 8개(인구증가율, 제조업 종사자 인구, 도로율, 승용차 등록대수, 인구당 의사 수, 노령화 지수, 재정자립도, 도시적 토지 이용비율)의 지표를 사용한다.

2.3.4 사업추진의지 및 선호도

공공 투자사업의 추진 여부를 결정하는 데에는 사업 수행 주체나 지역주민이 사업에 대하여 얼마나 관심을 가지고 있으며 사업을 추진하고자 하는 의지가 얼마나 강인가도 중요한 고려사항으로 검토될 필요가 있다. 중앙 정부가 추진하는 사업과 관련하여 때로는 지방자치단체장·의회 혹은 지역주민들이 반대 의견을 갖는 경우가 있고, 의견대립이 첨예할 경우에는 조직적인 반대운동 등이 일어나기 때문에 사업추진

에 앞서 지역의 선호도 및 추진의지를 평가하는 작업은 중요하다. 이 평가 항목은 공공 투자 의사결정에 현존하는 정치적 과정을 제한적이나마 의사결정에 반영하는 기능을 수행한다.

2.3.5 관련정책과의 일치성

유역종합치수계획처럼 대형 공공 투자사업 가운데 사업 추진 주체 단독으로 해당 사업에 대한 계획을 수립하여 추진하는 경우는 흔치 않다. 하나의 구체적인 사업계획이 나오기까지는 여러 단계의 정부 혹은 지방자치단체의 계획 단계를 거쳐야 하기 때문이다. 대부분의 사업들은 추진 근거를 제시하게 되어 있으며, 그 추진 근거에는 중앙정부 혹은 지방자치단체에서 수립한 해당사업과 관련된 상위계획 등이 제시되어 있다. 이러한 상위 계획들과 해당 사업 계획을 비교·분석하면서 사업 특성 및 사업방향을 더욱 심도있게 파악할 수 있을 것이다. 상위 계획을 수립하기 위해서 중앙정부 혹은 지방자치단체는 관련법뿐만 아니라 관련 정부 계획들을 상당기간 동안 검토하게 되고 전문가들의 의견수렴 과정을 거치기 때문에 해당 사업의 상위계획과의 일치성을 검토하게 되면 어느 정도 사업추진의 타당성을 평가할 수 있다.

2.3.6 후보대안들의 치수 정책성 평가 결과

홍수피해 잠재능, 생태 자연도, 지역 낙후도, 사업추진의지 및 선호도, 관련정책과의 일치성의 5가지 지표를 이용하여 문산천 유역의 모의적인 치수 정책성을 평가한 결과를 표 3에 제시하였다.

치수 정책성 평가 결과 대안 1의 경우 홍수에 대한 취약성이 가장 크다고 평가된 반면, 생태 자연도 지수는 가장 높아 친환경적인 대안으로 볼 수 있다. 반대로 대안 3의 경우 홍수피해 취약성은 낮게 평가되었으나, 생태 자연도의 평가 결과를 고려하였을 때, 친환경적인 대안으로는 볼 수 없다. 지역 낙후도는 모두 동일하였으며, 사업추진의지 및 선호도와 관련정책과의 일치성은 대안 1~4의 지수들이 모두 상대적으로 높거나 낮은 양상을 보였다. 이처럼 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 있어서는 어느 한 가지 평가지표만이 아닌, 후보대안 내의 모든 하위 요소들을 고려하여야 한다. 치수 정책성 평가 항목 중 특히 생태 자연도, 사업추진의지 및 선호도, 관련정책과의 일치성 등은 유역종합치수계획 수립 시 고려되어야 할 정성적인 항목들로서, 앞선 치수 경제성 평가의 결과처럼 정량적으로 쉽게 우선 순위의 판단이 가능한 항목이 아니다. 따라서 본 연구에서는 이러한 치수 정책성 평가 결과와 앞서 수행된 치수 경제성 평가 결

과를 종합하여 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하는 과정을 하나의 의사결정 과정으로 간주하고 두 평가의 하위 평가항목들에 대한 가중치를 계층화분석기법(AHP)을 적용한 설문지를 통해 결정하여, 최종적인 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 활용하였다.

3. 계층화분석기법을 적용한 구조물적 홍수방어 최적대안의 선정

계층화분석기법(Analytic Hierarchy Process; AHP)은 최근 국내 치수사업에 적극적으로 적용되는 의사결정기법으로, 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며 복합적인 경우 상호 배반적인 대안들의 체계적인 평가를 지원하는 의사결정 지원기법의 하나이다(건설교통부, 2001b). 계층화분석기법은 최근 오봉담 재개발사업(한국개발원, 2002), 속사담 건설사업(한국개발원, 2003a), 이안천담 건설사업(한국개발원, 2003c), 낙동강 유역종합치수계획(건설교통부, 2005a), 안성천수계 유역종합치수계획(건설교통부, 2006) 등에 적용되었다.

유역종합치수계획에서 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 위해서는 후보대안들의 경제성과 정책적 평가를 거쳐 사업의 타당성을 종합적으로 평가하는 과정이 필요하다. 또한 평가 과정에서 각각의 평가항목에 대한 분석결과를 어떤 척도에 의하여, 그리고 각 평가항목에 어느 정도의 중요도를 부여하여 통합할 것인가 등 방법론상의 문제가 제기된다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 관련분야의 전문가, 관련학계의 교수, 관련기업의 실무자 및 관리자 등의 의견 반영이 필수적이다. 본 연구에서는 이러한 의견들을 통합할 수 있는 의사결정기법으로 계층화분석기법을 선정하여 후보대안들의 평가항목들 간 가중치를 결정에 적용함으로써 문산천 유역의 모의적인 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하였다.

3.1 계층화분석기법

계층화분석(AHP) 기법은 의사결정의 전 과정을 다수의 계층(level)으로 설계한 후, 계층별 기준 및 대안들의 중요도를 서로 비교하는 쌍대비교법(paired comparisons method)에 의해 단계별로 평가함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 것을 지원하는 다기준 의사결정기법 중의 하나이다(조근태 등, 2005) 이 기법은 공공투자사업의 정성적인 특성을 반영할 뿐 아니라 의사결정 참여자의 전문적 지식을 적절히 유도해 낼 수 있는 기법이다. 특히 공공투자에 대한 사회적 합의를 도출하는 동시에 합의에 도달하는 과정을 명확히 밝힘으로써 의사결정과정의 투명성을 높일 수 있으며, 분석과정에서 수집된 자료에 근거하여 의사결정의 기준을 도출하고, 이를 여러 가지 사업에 장기적으로 그리고 일관되게 적용함으로써 의사결정과정의 객관성을 제공한다. 또한 사업간 평가 오차를 줄이고 후속 사업에 대한 평가 자료로 활용될 수 있는 장점을 가지고 있어, 유역종합치수계획의 최적대안을 선정하는데 효과적으로 적용될 수 있다. 일반적인 AHP 기법의 적용 절차는 그림 3에 제시된 바와 같다.

본 연구에서 AHP 기법은 선정된 구조물적 홍수방어 후보

표 3. 치수 정책성 평가 결과(예시)

치수 정책성 평가 결과					
	홍수피해 잠재능	생태 자연도	지역 낙후도	사업추진의지 및 선호도	관련정책과의 일치성
대안 1	0.5495	6.15	75.91	9	7.8
대안 2	0.5362	4.92	75.91	9.5	9.8
대안 3	0.5162	4.77	75.91	7.6	9
대안4	0.5375	4.62	75.91	7.1	7.8

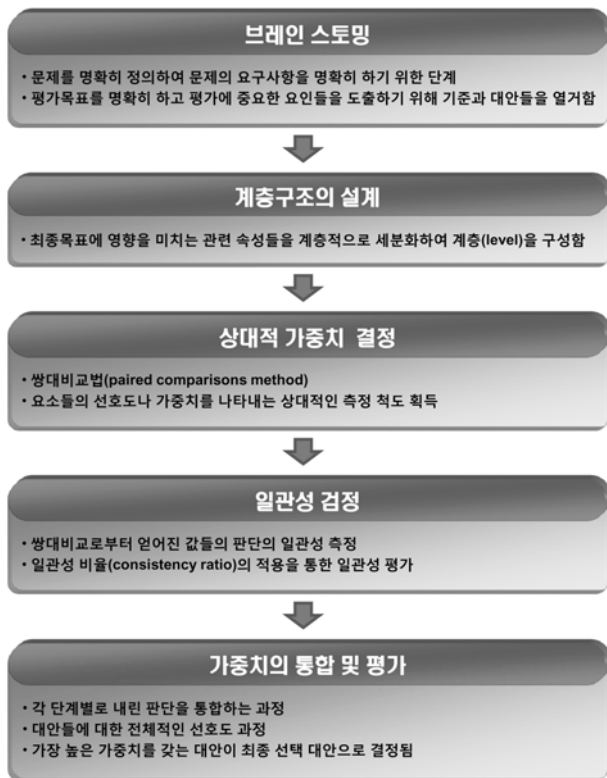


그림 3. 계층화분석기법(AHP)의 적용 절차

대안들의 치수 경제성 및 정책성 평가 절차 전후에 걸쳐 적용되었다. 먼저 브레인스토밍 방법에 의하여 치수 경제성 및 정책성 평가의 하위 평가 항목들을 선정하였고, 선정된 하위 평가 항목들을 계층적으로 세분화하여 계층구조를 설계하였다. 그 후 후보대안들에 대한 치수 경제성 및 정책성 평가를 실시하고, 설계된 계층 구조 내의 평가 항목들에 대한 가중치를 AHP 기법을 적용한 설문조사와 AHP 분석 프로그램인 Expert Choice 11.5를 통해 결정하였다. 가중치 결정은 최적 대안 선정 절차의 필수적인 과정으로, AHP 기법을 적용하여 개발된 쌍대비교 설문지를 이용하여 설문조사를 실시하고, 설문조사 결과를 Expert Choice 11.5와 연계함으로써 계층구조 내 평가 항목들의 가중치를 결정하였다. 결정된 가중치를 치수 경제성 및 정책성 평가의 지수화된 결과값과 적용하여 최종 평가점수를 산정하고, 이를 바탕으로 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하였다.

3.2 계층화분석기법(AHP) 설문조사

3.2.1 설문조사 대상 집단의 선정

집단 의사결정 지원수단으로서 AHP 기법은 집단 구성원들의 의견을 종합하여 최종적인 의사결정에 도달하도록 도와주는 기능을 한다. 다수가 참여하는 의사결정 결과는 의사결정 집단을 어떤 구성원으로 정하느냐에 의해 직접적으로 영향을 받는다.

설문조사 대상 집단을 선정하는 방법에는 유의 추출법과 임의 추출법이 있다. 유의 추출법이란 모집단을 대표한다고 생각되는 표본을 조사 실시자의 주관에 따라서 뽑는 방법이고, 임의 추출법은 누구라도 표본으로서 추출될 가능성이 동

등하도록 표본을 뽑는 방법이다. 따라서, 임의 추출법에는 조사 실시자의 주관에 전혀 개입되지 않는다. AHP 분석을 위한 조사대상자는 다음과 같은 조건을 충족해야 한다. 첫째, 조사대상자는 해당 사업에 대한 충분한 지식을 가진 전문가여야 한다. 둘째, 조사대상자는 유역종합치수계획의 특성상 공공의 이익이라는 관점에서 대안을 평가할 수 있는 객관성을 지니고 있어야 한다. AHP 기법을 적용하여 설문조사를 실시하기 위해서는 설문조사 대상 집단이 위의 두 가지 선행조건을 만족시켜야하므로, 유역종합치수계획 수립에 있어 AHP 설문조사를 실시할 경우 설문조사 대상 집단 선정방법으로는 유의 추출법이 적합하다고 할 수 있다.

위의 두 가지 조건을 만족하면서 유역종합치수계획과 관련된 주체로는 크게 다음과 같은 3개의 집단이 있다.

- 1) 실무자 집단: 대기업 및 중소기업의 관련분야에 종사하는 실무자 등
- 2) 연구자 집단: 한국개발연구원 및 건설기술연구원의 관련 연구진, 민간 기업체의 관련 연구인력, 해당 사업 분야 전공 교수 등
- 3) 공무원 집단: 중앙정부의 담당부처, 예산담당부처, 해당 시·도 및 시·군·구 담당공무원 등

본 연구에서는 실무자, 연구자, 공무원 집단을 설문조사 대상 집단으로 선정하고, 각 집단에서 관련 분야에 종사하고 있는 대상자를 중심으로 하여 설문을 실시함으로써 후보대안별 평가항목들의 가중치 설정과 최적대안 도출의 객관성을 도모하였다. 실무자는 대기업과 중소기업에서 관련 분야에 5년 이상 경력의 실무자를 대상으로 하며, 연구원은 관련 연구기관을 대상으로 학력이 석사 이상인 연구원들을, 마지막으로 공무원은 국가 하천을 관리하고 있는 정부 기관의 토목 기술직을 대상으로 하여 설문조사를 실시하였다.

설문조사의 표본 수는 설문조사의 신뢰도에 많은 영향을 미친다. 표본 수가 너무 적으면 추정의 정확성이 떨어져 문제 해결에 도움이 되는 정보를 얻을 수 없다. 의미 있는 결과를 얻기 위해서는 적어도 100정도의 표본 수가 필요한데, 표본 수가 100인 단순 추출법에 의한 표본 조사에서 모비율을 추정하려고 할 때 95% 신뢰 구간의 폭이 최대가 되는 것은 표본 비율이 50%일 때로, 그 때의 신뢰구간은 50%-10%에서 50%+10%가 되기 때문이다. 따라서 표본의 수가 100보다 적으면, 구간 추정에서의 표본 비율에 붙는 +와 -의 폭은 최악의 경우에는 10% 이상도 가능하므로, 명확한 결론을 내는 일이 어려워 질 수 있다.(유영호, 1994)

3.2.2 설문조사 실시 방법

우편설문법, 전화설문법, 전자설문법, 대면설문법 등 여러 설문조사 방법의 장단점에 대한 조사 결과, 우편설문이나 전화설문은 유역종합치수계획에 적합하지 않은 설문조사 방법으로 판단되었고, 따라서 유역종합치수계획에 사용하기 적합한 설문조사 방법은 전자설문법과 대면설문법을 혼용하는 방법으로 판단되었다. 설문의 대상 집단이 불특정 다수가 아닌 전문가 집단, 연구자 집단, 공무원 집단이라는 점을 고려해 보았을 때 해당 유역종합치수계획에 대한 배경지식이 충분한 상태에서 설문조사 실시가 가능하므로 전자설문법이나 대면

설문법의 단점을 상쇄시킬 수 있고, 따라서 유역종합치수계획에 관련하여 비교적 간단하고 포괄적인 개념에 대한 설문은 전자설문법을 이용하고, 비교적 복잡하고 세부적인 전문적 지식을 필요로 하는 내용은 대면설문법을 이용하여 설문조사를 실시하는 것이 바람직하다.

3.2.3 설문지 작성

본 연구에서는 치수 경제성 평가와 치수 정책성 평가의 하위 항목들에 대한 가중치를 결정하기 위한 AHP 설문지를

다음의 여섯 단계를 거쳐 제작하여 설문조사를 실시하였다.

단계 1: 설문조사의 목적을 제시하여 설문조사가 요구하는 내용을 명확히 한다.

단계 2: 해당 유역의 홍수피해 원인을 설명하고 구조물적 홍수방어 시설물의 조합들을 후보대안별로 제시한다.

단계 3: 각 후보대안들의 홍수피해 지역과 홍수방어 시설물 설치 위치를 나타내는 개략도를 제시하고 홍수방어 시설들의 제원과 설치 이유 및 장단점을 설명한다.

문산천 유역의 홍수방어대안 선정을 위한 설문조사지

응답자 소속 (소속기관을 기록하십시오)	응답자 경력(년)
실무자 (소속기관)	(5-10, 10-15, 15-20, 20년 이상)
연구원 (소속기관)	(5-10, 10-15, 15-20, 20년 이상)
공무원 (소속기관)	(5-10, 10-15, 15-20, 20년 이상)

최근 빈발하고 있는 기상이변과 급속한 도시화로 홍수 피해가 급증하면서 하도 중심 치수계획의 한계기 확산에 따라 홍수를 유역전역에서 다양한 방법으로 분담하는 면 개념의 유역단위 치수계획이 대안으로 등장하게 되었습니다. 유역종합치수계획이란 홍수유출을 억제할 수 있는 자연과 인공 시설물들을 유역 전반에 걸쳐 연계 이용함으로써 유역의 홍수 저감능력을 극대화하는 계획을 말합니다. 최근 하천법에 의해 유역종합치수계획의 수립이 의무화 된 이후 2008년까지 18개 주요 하천유역에 대한 유역종합치수계획이 수립 완료되었거나 계획되어있으나, 현재 유역종합치수계획 기술의 미정립으로 체계적인 홍수방어 계획 수립에 어려움을 겪고 있는 실정이며, 하천을 중심으로 발달된 도시 지역의 홍수피해에 적절한 평가 기준이나 치수계획 수립의 지침이 미흡한 상황입니다. 유역 내 수립 가능한 치수계획은 매우 광범위하며, 그 중 특히 구조물적 치수대안들의 특성은 매우 다양하여, 이들을 조합하여 유역의 홍수 저감능력을 최대화 하는 최적대안을 선정하는 것은 쉬운 일이 아닙니다. 따라서 국토해양부 산하에 있는 도시홍수관리연구개발사업단에서는 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 최적대안 수립을 위한 의사결정기법 적용방안에 관한 연구를 수행하고 있습니다.

개발된 의사결정기법의 검증용 위하여 문산천 유역에의 가장 유역종합치수계획에 대한 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하고자 합니다.

문산천 유역의 가장 홍수방어계획을 수립하기 위해 구조물적 대안으로 4개의 홍수방어 대안을 마련하였으며, 이중 최적 홍수방어대안의 도출 및 평가를 위해서 설문조사를 실시하고자 합니다. 설문조사 전에 설문을 위한 내용을 자세히 읽어 주시고 설문에 응답해 주시면 감사하겠습니다.

본 설문지는 문산천 유역종합치수계획의 가장 홍수방어 대안결정을 위해서만 활용될 것입니다.

(디). 홍수방어계획 (3안)



<홍수방어 관련 및 대안(3안) 개략도>

내용	<ul style="list-style-type: none"> - 전변계류기(동양전→분서1지구 면적: 10 × 12m²) (분수전→산상지구 면적: 55 × 12m²) - 홍수조교(면적: 10 × 10' 차, 표고: 58.5m, 배수량: 13m × 1m) - 계류기 수문설치(개천표고: 72m, 배수량: 150,000m³) - 전변계류기(문산천→분서지구 면적: 1000 × 10m²)
설계 이유	<ul style="list-style-type: none"> - 2안의 방어대략에 전변계류기(분서지구)를 추가 - 전변계류기(분서지구)는 저지대에 세워져 홍수에 취약할 수밖에 없는 문산천의 물러남 저감효과를 극대화할 수 있는 적절한 방어시설이라 판단하여 추가
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 홍수저감효과가 가장 좋음 - 강리유역의 개발계획과 관련하여 늘어난 홍수방어 대비 하도와 유역에 대응하는 구조
단점	- 개략도에는 가장 좋은 토지보상 등의 문제 발생 소지

(나) NPV

이래의 평가항목에 대한 상대적 중요도를 표시(√)하여 주시기 바랍니다.

평가 항목	크대 중요	중대 중요	중요	약간 중요	없다	약간 중요	중요	중대 중요	크대 중요	평가 항목
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 2
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 3
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4
대안 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 3
대안 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4
대안 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4

(다) IIR

이래의 평가항목에 대한 상대적 중요도를 표시(√)하여 주시기 바랍니다.

평가 항목	크대 중요	중대 중요	중요	약간 중요	없다	약간 중요	중요	중대 중요	크대 중요	평가 항목
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 2
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 3
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4
대안 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 3
대안 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4
대안 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4

(이) 관련정책과의 일치성

같이 평가항목에 대한 상대적 중요도를 표시(√)하여 주시기 바랍니다.

평가 항목	크대 중요	중대 중요	중요	약간 중요	없다	약간 중요	중요	중대 중요	크대 중요	평가 항목
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 2
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 3
대안 1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4
대안 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 3
대안 2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4
대안 3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	대안 4

* 본 설문은 요소별 중요도비교를 통해 결과가 도출되는 설문으로 Sample에서 설명한 방법대로 설문에 응해주시길 바랍니다.

지금까지 설문에 응답해 주셔서 대단히 감사드립니다.

그림 4. AHP 설문지(요약)



그림 5. Expert Choice를 이용한 가중치 결정 절차

단계 4: 문제와 관련된 모든 요소들을 조망하여, 최고 단계인 문제의 목표에서부터 중간 수준의 평가항목 선정 및 배치를 거쳐 최하위 수준인 대안들의 비교까지를 포괄하는 계층 구조를 구성한다.

단계 5: 설문 시작 전 설문 응답자의 이해도를 높이기 위하여 쌍대비교의 기본 척도와 관련한 설문 응답 방법에 대한 예제를 제시한다.

단계 6: 구성된 계층구조를 바탕으로 상위 평가항목에서 하위 평가항목까지 각 계층 내 동일 수준의 항목들에 대한 쌍대비교 설문을 제시한다. 이 때, 설문 내용 각 계층의 평가항목들에 대한 개념을 설명한다.

그림 4에 본 연구에서 제작된 AHP 설문지를 간략히 제시하였다. 설문조사는 총 25명의 실무자, 전문가, 공무원을 대상으로 실시하였고, 실시한 설문조사 결과를 바탕으로 평가항목의 가중치를 결정하여 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하였다.

3.3 평가항목의 가중치 결정

평가항목 간의 가중치 결정은 AHP 설문조사 결과를 바탕으로 AHP 분석 전문 프로그램인 Expert Choice 11.5(Expert Choice, Inc.)를 사용하여 수행하였다.

3.3.1 Expert Choice 11.5(Expert Choice, Inc.)

Expert Choice(EC) 소프트웨어는 계층분석 방법에 기초한

표 4. 구조물적 홍수방어 후보대안 평가항목의 가중치 결정 결과(예시)

계층 1		계층 2		계층 3	
치수 경제성	0.374	B/C	0.1879	-	
		NPV	0.1081		
		IRR	0.0782		
치수 정책성	0.626	안전위협성	0.0651	홍수피해잠재능	0.0651
		정책의사 결정	0.2491	사업추진의지 및 선호도	0.1669
				관련정책과의 일치성	0.0822
		지속가능성	0.3117	생태자연도	0.0605
지역낙후도	0.2513				

다기준 의사결정을 지원하는 Tool이다. EC는 우선순위를 도출하기 위해서 쌍대비교 방법을 사용하며, 의사결정문제의 각 단면에서 도출된 우선순위를 결합하여 대안들의 전체적인 우선순위를 산출한다. “What-if”와 민감도 분석 기능을 이용하여 목표요소별 중요도에 대한 변화가 대안선택에 미치는 영향 역시 판단가능하다. 의사결정 모델 구축화면이 간단하며 직관적이고, 하위 평가항목 계층을 자동으로 확장하고 축소할 수 있으며, 그룹의사결정에 활용이 가능한 장점을 가지고 있다. EC를 이용한 가중치 선정 절차를 그림 5에 제시하였다.

3.3.2 평가 항목들의 가중치 결정 결과

실시한 설문조사 결과를 토대로 얻어진 후보대안의 평가항목 가중치 결정 결과를 표 4에 제시하였다.

평가항목들의 가중치 결정 결과, 설문 응답자들의 치수 경제성 평가와 정책성 평가에 대한 우선순위는 각각 0.374와 0.626의 비율로 치수 정책성 평가 항목이 다소 많은 비중을 차지하고 있었다. 이는 정성적인 분야의 고려에 대한 중요성이 점점 강조되고 있는 최근의 많은 치수사업들의 동향과도 일치하는 결과라 사료된다. 치수 경제성 평가 하위항목의 경우 B/C가 약 0.188로서, 설문 응답자들은 NPV와 IRR에 비해 B/C에 의한 경제성 평가에 더 비중을 두는 것으로 판단되었다. 치수 정책성 평가의 하위항목인 안전위협성, 정책의사결정, 지속가능성 중에서는 안전위협성에 대한 비중이 가장 큰 것으로 나타났으며, 그 하위 항목의 경우 지역낙후도가 가장 비중이 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 모든 평가항목에 대한 가중치를 결정할 수 있었으며, 이를 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 활용하였다.

3.4 구조물적 홍수방어 최적대안의 선정

유역종합치수계획에서의 구조물적 홍수방어 최적대안 선정을 위해 기 선정된 후보대안들의 치수 경제성 평가 항목(편익/비용비(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익율(IRR))의 평가 결과 및 치수 정책성 평가항목(홍수피해 잠재능, 생태 자연도, 지역 낙후도, 사업추진의지 및 선호도, 관련계획과의 일치성)의 평가 결과를 산정된 가중치와 연계하여 유역종합치수계획의 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하였다.

먼저, 기 도출된 표 2의 치수 경제성 평가 결과를 평가항

표 5. 치수 경제성 평가 결과 변경 전후(예시)

경제성 평가항목	대안 1		대안 2		대안 3		대안 4	
	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후
B/C	2.262	2.262	2.223	2.223	2.105	2.105	2.344	2.344
NPV(백만원)	1588.03	1	1775.77	1.118	1771.22	1.115	2279.85	1.436
IRR	30%	3	29%	2.9	26%	2.6	32%	3.2

표 6. 치수 정책성 평가 결과 변경 전후(예시)

정책성 평가항목	대안1		대안2		대안3		대안4	
	변경 전	변경 후	변경 전	변경 후	변경 후	변경 전	변경 후	변경 후
홍수피해 잠재능	0.5495	4.505	0.5362	4.638	0.5162	4.838	0.5375	4.625
지역낙후도	75.91	2.409	75.91	2.409	75.91	2.409	75.91	2.409
생태자연도	6.15	6.15	4.92	4.92	4.77	4.77	4.62	4.62
사업추진의지 및 선호도	9	9	9.5	9.5	7.6	7.6	7.1	7.1
관련정책과의 일치성	7.8	7.8	9.8	9.8	7	7	7.8	7.8

표 7. 구조적 홍수방어 최적대안 선정을 위한 후보대안별 평가 결과(예시)

평가항목	대안 1	대안 2	대안 3	대안 4
B/C	0.425	0.417	0.395	0.440
NPV	0.108	0.121	0.121	0.155
IRR	0.234	0.227	0.203	0.250
홍수피해잠재능	0.293	0.302	0.315	0.301
지역낙후도	0.605	0.605	0.605	0.605
생태자연도	0.372	0.298	0.288	0.279
사업추진의지 및 선호도	1.502	1.586	1.269	1.185
관련정책과의 일치성	0.641	0.806	0.740	0.641
총합	4.180	4.362	3.936	3.856
최적대안 순위	2	1	3	4

목으로 반영하기 위해서는 순현재가치(NPV)의 경우 편익/비용비(B/C), 내부수익율(IRR)과는 다르게 무차원이 아닌 단위(원)를 갖고 있기 때문에 이를 지수로 변경하였다. 각 대안별 NPV 결과 중 가장 작은 항목을 1로 변경하고, 같은 비율로 나머지 대안 역시 지수로 변경하였다. IRR의 경우 역시 상대적 비교 시 편의를 위해 각각의 수치에 0.1을 곱해 표준지수로 변경하였다. NPV는 가장 작은 값인 대안 1의 1588.03을 1로 변경하였을 때의 비율인 6.297×10^{-4} 를 나머지 대안들의 NPV값에 각각 곱해주었고, IRR의 경우 각 대안별 수치에 0.1을 곱해주어 변경한 결과를 표 5에 제시하였다.

표 3의 치수 정책성 평가 결과 역시 항목간 비교를 위해 표준지수로 변경하였다. 치수 정책성 평가 결과 중 홍수피해 잠재능 및 지역낙후도의 경우 숫자가 높을수록 최적 대안 선정에 좋지 않은 결과를 초래하기에 각각의 결과를 각 평가항목별 '최고 표준지수-평가 결과값'으로 치환하여 계산하였다. 예를 들면 대안 1에서 홍수피해 잠재능의 경우, 최고 지수인 1에서 홍수피해 잠재능 평가 결과값인 0.5495를 빼준 결과

도출된 0.4505에 비교 편의상 10을 곱하여 4.505라는 변경 결과를 얻었고, 지역낙후도의 경우 최고 지수인 100에서 지역낙후도 평가 결과값인 75.91를 빼준 결과 도출된 24.09에 비교 편의상 10⁻¹을 곱하여 2.409라는 변경 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 방법으로 모든 후보대안들의 평가값을 변경한 결과를 표 6에 제시하였다.

마지막으로, 치수 경제성 평가의 변경 결과 및 치수 정책성 평가의 변경 결과에 표 4의 결정된 가중치를 곱하여 표 7에 제시된 최종평가값을 산정하였다. 후보대안 2의 경우 가장 효율적인 구조물적 홍수방어 최적대안으로 판단가능하며, 이를 기초로 의사결정이 수행가능 하지만, 총합을 통한 정량적 분석은 관련 평가항목별 척도가 일정하지 않기에 이를 기초로 한 판단은 의사결정자로 하여금 오류를 범하게 할 수도 있다. 따라서 본 연구를 통해 도출한 구조물적 홍수방어 최적대안 선정을 위한 의사결정기법은 후보대안들 간의 상대적인 크기만을 판단해야 하며, 그 크기의 차이를 논할 필요는 없다.

4. 결 론

본 연구에서 수행된 일련의 과정들은 기존의 여러 유역종합치수계획에서 지적되어 왔던 구조물적 홍수방어 최적대안 선정의 표준화된 절차 부재라는 문제점 해결을 위한 커다란 틀을 제시하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 유역종합치수계획 수립 시 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정하는 과정에서 의사결정나무 기법을 이용하여 선정된 후보대안들을 제시할 수 있다.
- 2) 치수 경제성 평가 시 편익·비용비(B/C), 순현재가치(NPV), 내부수익율(IRR)의 세 가지 지표를 모두 고려함으로써 다양한 측면의 치수 경제성 평가를 도모할 수 있다.
- 3) 치수 정책성 평가에서는 기존의 유역종합치수계획들에서 명확히 정립되어 있지 않은 평가 방법을 개선하기 위해

여 안전위험성, 정책의사결정, 지속가능성의 세 가지 대분류를 새로이 설정하고 그에 따라 각각의 하위 평가항목을 선정하여 평가를 실시할 수 있다.

- 4) AHP 설문조사 결과를 바탕으로 치수 경제성 및 치수 정책성의 세부 평가 항목들 간의 가중치를 결정하여, 최종적인 구조물적 홍수방어 최적대안을 선정할 수 있다.
- 5) 이러한 과정으로 현재 유역종합치수계획 수립 시 명확히 정립되어 있지 않은 구조물적 홍수방어 최적대안의 선정 절차의 표준화된 방법을 대안으로 제시될 수 있다.

본 연구는 개인 연구자로서 문산천 유역에 해당하는 모든 항목들의 실제적인 자료를 수집하는 데는 어려움이 있어 일부 가정을 통해 수행되었다. 따라서 본 연구의 결과는 실제적인 문산천 유역에 대한 결과가 아닌, 임의의 유역에 대한 유역종합치수계획 수립 시 구조물적 홍수방어 최적대안 선정에 있어 적용이 가능한 표준화된 방법을 제시하는 방향으로 도출되었다. 이처럼 본 연구는 유역종합치수계획 수립 시 구조물적 홍수방어 최적대안 선정 절차에 있어 새로운 방법이 될 수 있을 것이고, 하나의 지침으로 활용이 가능할 것이다. 다만, 치수 정책성 평가 시 생태자연도와 사업 추진의지 및 선호도, 관련정책과의 일치성 평가 부분에서 각 결과를 등급화시키는 기준을 설정하는 방법을 결정하기 위한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다. 그리고 본 연구 결과를 타 유역에 적용 시 다양한 유역과 행정구역의 특성상 본 연구에서 제시한 방법의 세부적인 부분은 해당 유역의 특성에 맞추어 변경하여 적용하는 것이 바람직 할 것으로 생각되며, 이 또한 추후 추가적인 연구를 통한 보완이 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심기술 연구개발사업(03산학연C01-01)에 의한 도시홍수 재해관리기술 연구사업단의 5차년도(2008)연구성과입니다.

참고문헌

건설교통부 (2001a) 유역종합치수계획 수립지침 작성. 연구보고서. 건설교통부.

건설교통부 (2001b) 예비타당성조사 수행을 위한 다기준분석방안 연구. 연구보고서. 건설교통부.
 건설교통부 (2001c) 치수사업 경제성 분석 개선방안 연구. 연구보고서. 건설교통부.
 건설교통부 (2003) 도시홍수피해발생 잠재위험도 및 피해액 평가기술(FFC03-16). 연구보고서, 건설교통부.
 건설교통부 (2004) 치수사업 경제성분석 방법 연구. 연구보고서, 건설교통부.
 건설교통부 (2005a) 낙동강 유역종합치수계획 보고서. 연구보고서, 건설교통부.
 건설교통부 (2005b) 삼교천수계 유역종합치수계획 수립용역 보고서. 연구보고서, 건설교통부.
 건설교통부 (2006) 안성천수계 유역종합치수계획수립(안). 연구보고서, 건설교통부.
 건설교통부 (2007) 치수사업 대안선정을 위한 의사결정 방안 연구. 연구보고서. 건설교통부.
 변성호, 강현직, 한정우, 김태웅 (2008) 의사결정나무모형을 이용한 유역내 구조적 홍수방어 대안 도출. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제28권, 1B호, pp. 33-40.
 여균동 (2003) 지역특성을 고려한 예상홍수피해액 산정방법 연구, 석사학위논문, 인하대학교.
 유영호 (1994) 설문조사법. 자유아카데미.
 조근태, 조용곤, 강현수 (2005) 앞서가는 리더들의 계층분석적 의사결정. 동현출판사.
 한국개발연구원 (2001) 2001년도 예비타당성조사 연구보고서. 연구보고서. 한국개발연구원.
 한국개발연구원 (2002) 오봉댐 재개발 사업. 연구보고서. 한국개발연구원.
 한국개발연구원 (2003a) 속사댐 건설사업. 연구보고서. 한국개발연구원.
 한국개발연구원 (2003b) 수자원(댐)부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구. 연구보고서. 한국개발연구원.
 한국개발연구원 (2003c) 이안천댐 건설사업. 연구보고서. 한국개발연구원.
 한국개발연구원 (2004) 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완 연구. 연구보고서. 한국개발연구원.
 한국수자원공사 (1998) 수자원개발의 경제성 분석모델 개발. 연구보고서. 한국수자원공사.

◎ 논문접수일 : 09년 02월 18일
 ◎ 심사의뢰일 : 09년 02월 19일
 ◎ 심사완료일 : 09년 05월 27일