

# 치수관리지수의 비교 평가

## Comparative Evaluations of Flood Management Indices

이동률\*, 임광섭\*\*, 최시중\*\*\*, 조효섭\*\*\*\*

Dong-Ryul Lee, Kwang-Suop Lim, Si-Jung Choi, Hyo-Seop Cho

### 요 지

급변하는 기후변동으로 인하여 집중 호우 빈발과 도시화와 지역개발로 인한 홍수피해 급증 등을 유발하여 많은 지역들이 홍수에 노출되는 위험도가 증가되고 있고 사회적으로는 물 관리에 대한 대중의 참여증대와 환경에 대한 인식의 제고 등으로 대중에게 치수관련 정책의 정당성에 대한 설득력을 주어야 하는 추세이다. 따라서 치수정책 시행시 일반대중들에게 치수현황을 쉽게 파악할 수 있고 필요한 정책 수단에 대한 공감대 형성을 위한 지역과 유역의 홍수취약성을 평가할 수 있는 치수관리지수의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 국내·외에서 개발되었던 대표적인 치수관리지수들의 개발목적, 필요자료 등을 소개하고, 비교 및 평가를 통해 선행연구들의 한계를 검토하여 국내 실정에 적합한 유역의 홍수취약성을 평가하기 위한 치수관리지수 산정모형 개발에 대한 연구방향을 제시하고자 한다.

**핵심용어 : 홍수관리, 의사결정, 치수정책, 치수관리지수**

### 1. 서 론

최근 신뢰적이고 투명한 치수 정책 의사결정을 위한 기반 마련을 위해 UN, World Bank, IADB와 같은 국제기구 및 연구단체에서 제시하고 있는 일반대중이나 재해위험 의사결정권자들이 쉽게 접근할 수 있는 치수관리지수가 큰 두각을 나타내고 있다. 그 이유로서 치수관리지수는 치수 행정에 있어서는 치수계획 추진시 올바른 치수상과 정책의 방향성을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 정량적 목표 및 중점과제 추출이 가능하다. 또한 각 부문별 이해관계를 도모한 치수관련 사업 추진을 가능케 하여 일반대중, 정책결정자, 수자원관련 전공자들이 지수를 통해 통합적인 치수현황 분석 정보를 얻을 수 있다. 곧 이러한 치수관리지수의 부재는 우리 자신이 처한 홍수재해 등을 객관적으로 모니터링 하는데 한계는 물론 지역 간 홍수 취약성 비교·분석이 어려워져 해당 지역의 주된 홍수 취약요인 파악이 쉽지 않게 되어 대중에게 치수정책의 정당성에 대한 설득력을 얻는데 실패할 수 있다. 결국 홍수재해로 인한 피해가 증대되는 실패로 이어질 수 있다. 물론 지수화는 관련 지표들을 계량화하여 수치로 나타냄으로서 개별적 또는 선별적 정보특성을 고려하지 못하는 단점이 있기는 하지만 전체적인 치수상태에 대한 판단을 용이하게 하는 장점이 있다. 따라서 과거 홍수가 발생하면 해당 피해규모를 기준으로 피해지역을 지정하여 복구하는 구조물적 치수사업 수

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원 · E-mail : dryl@kict.re.kr  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 박사후과정 · E-mail : oklim@kict.re.kr  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 · E-mail : sjchoi@kict.re.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 국토해양부 한강홍수통제소 하천정보센터 연구관 · E-mail : chohs@moct.go.kr

행의 성격에서 벗어난 수문, 사회, 정치, 경제 및 환경 등을 고려하는 치수관리지수개발을 통해 다학제간 연계와 이들 각 부문별 또는 이해관계자들의 참여를 도모하는 치수관리지수의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 국내·외에서 적용되고 있는 치수관리지수들을 고찰하고 이들 지수들의 적용사례들을 조사하여 국내 치수관련 분야에서의 활용방안과 향후 국내 실정에 적합한 유역의 홍수취약성을 평가하기 위한 치수관리지수 산정모형 개발시 현재 운영되고 있는 국가수자원관리종합시스템(WAMIS)과의 연계방안을 제시하고자 한다.

## 2. 지표(indicators) 및 지수(indexes)

지표란 아랍어에서 ‘지침’ 혹은 ‘지시자’라는 어원의 의미를 가진다. 즉, 지표란 여러 부문의 관측값 중에서 현상을 가장 잘 기술해줄 수 있는 대표적인 값을 의미한다. 그림 1에서 단순 데이터는 최하위에 위치하며 대개 통계표에 취합되어 테이블 형태의 구조형식을 가진다. 대다수의 사람들은 방대한 양의 데이터 해석이 어려울 뿐만 아니라 결과의 중요성을 쉽게 인지하지 못한다. 데이터가 정책적 의미를 내포하기 위해서는 데이터의 의미해석과 분석이 요구되지만 방대함과 해석의 어려움으로 단순 데이터는 정책적 의미를 내포하지 못한다. 다음 단계는 지표이며 대개는 비율 형태를 띠는 변수를 사용한다. 시간과 공간적 비교가 가능한 실업률, 경제성장률 등이 대표적 예이며 정책적 수단의 의미를 내포하고 있다. 마지막 단계인 지수는 단순한 데이터의 집합이 아닌 정책결정권자나 일반 대중들이 복잡한 현상을 쉽게 이해할 수 있도록 여러 개의 지표들을 통합한 형태로서 과업의 목적에 얼마나 달성했는지 종합적으로 평가하는데 적용된다. 소비자 물가지수(CPI), 국내 총 생산액(GDP), 인류발전지수(HDI) 등이 대표적인 예이다.

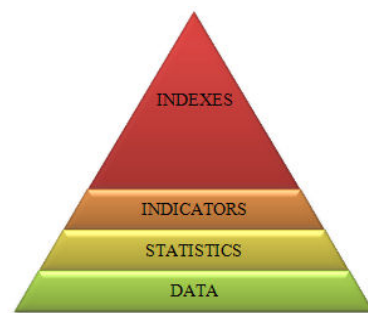


그림 1. 데이터 상호관계도

## 3. 국내·외 치수관리지수

미래 강우의 발생 특성의 정량적 예측은 매우 어렵다. 더구나 미래 치수대책 수립 및 평가를 위한 토지이용 상황 예측 등은 불확실성이 매우 크기 때문에 대책수립의 한계로 작용하여 치수대책에 대한 검증 및 정량적 효과 분석에도 한계가 있다. 하지만 최근 정량적 평가 및 미래 계획 수립의 일환으로 치수관련 위험도나 취약성을 측정하기 위한 지수 개발이 국제단체 중심으로 활발히 이루어지고 있다. 대표적인 접근방법으로서 국가 혹은 전 세계를 대상으로 하는 거시적 접근방법(Global Approaches)과 구체적이고 세밀한 지역을 대상으로 하는 미시적 접근방법(Local Approaches)이 있으며 본 연구에서는 대표적인 이들 접근방법의 적용사례를 살펴보기로 한다.

### 3.1. 거시적 접근방법

#### 3.1.1. DRI (Disaster Risk Index)

UNDP에 따르면 1980-2000년 사이에 지진, 열대성 사이클론, 홍수와 가뭄 등의 자연재해로부터 전 세계인구의 약 75%가 피해지역에 노출되어 있다고 한다. UNDP는 국가 간 자연재해에 노

출된 정도, 취약성 및 위험도 사이의 비교 및 평가가 가능한 지수 DRI를 개발하였다. DRI는 각종 자연재해로부터 사망하게 된 사망자 수를 기초자료로 이용하여 자연재해에 대응하는 국가 간의 상대적 취약성을 지수화 하였다. DRI 관련 데이터들은 CRED(Center for Research on the Epidemiology of Disaster)에서 취합된 EM-DAT를 사용하고 있으나 국가 간의 세부특성을 고려한 데이터의 취득의 한계를 지닌다. 지수 계산은 재해에 의하여 사망하게 된 주민을 재해지역에 노출된 주민의 수로 나눈 값을 취한다. 그림 2에서 알 수 있듯이 중국과 인도의 경우 홍수에 노출된 인구나 년 평균 사망자 수 모두 가장 크게 나타나고 있고 또한 총인구와 사망자수 모두 크다. 반면 베네주엘라는 총 인구수가 상대적으로 적지만 년 평균 사망자수가 많아 홍수에 가장 취약한 나라로 평가되었다. 이와 같이 DRI는 단지 재해지역에 노출된 년 평균 사망자수를 지수의 주요 요소로 보기 때문에, 1999년 베네주엘라의 단일 극한 홍수로 인한 사망자수가 매우 큰 이유로 인해 홍수에 크게 취약하다고 보이고 있다. 이처럼 DRI는 단일 요소인 사망자수를 자연재해에 대한 취약성 지수로 사용하는 한계점을 지니지만 그림 2와 같이 국가 간 취약성 정도를 한눈에 파악할 수 있는 지수를 제시한다는 것은 각 나라간의 각종 재해에 대한 취약정도를 가능하게 하는 데 많은 도움을 줄 수 있다.

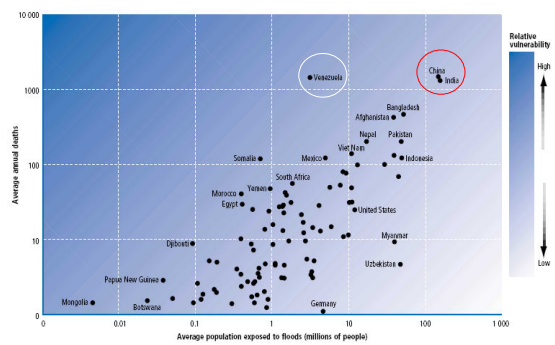


그림 2. 홍수에 기인한 각 나라의 상대적 취약정도, 1980-2000

### 3.1.2. Hotspots Project

미국 콜롬비아 대학과 World Bank의 공동연구로 수행된 Hotspots 프로젝트는 지진, 화산, 산사태, 홍수, 가뭄 및 열대성 사이클론에 해당하는 위험도 분석 후 생성된 지수를 바탕으로 각 나라별 사망 위험도, 경제적 손실 정도 및 재난-위험도간의 상호관계 파악이 가능하여 각 나라의 재난 대비능력과 경제손실 예방능력을 개선하고자 만들어지게 되었다. Hotspots 관련 데이터들은 DRI와 같은 CRED에서 취합된 EM-DAT를 사용한다. 하지만 Hotspots 프로젝트에서는 2.5\*2.5km<sup>2</sup> 해상도의 공간분석이 수행되어 국가 간 분석은 물론 좀 더 세분화된 국가내 소지역 분석이 부분적으로 가능할 뿐 아니라 사망자수와 관련한 위험도와 GDP에 기초한 경제적 손실 위험도등의 인명손실과 경제손실이라는 두 가지 관점에서 지수를 산정하였다. 그림 3은 홍수로 인한 국가별 위험도를 보여준다. World Bank에서는 위의 지수를 바탕으로 재난 위험도가 큰 국가는 위험도가 상대적으로 작은 국가와 차별하여 차관 액수와 차관 국가 선정시 우선권을 주는 형식으로 활용하고 있다.

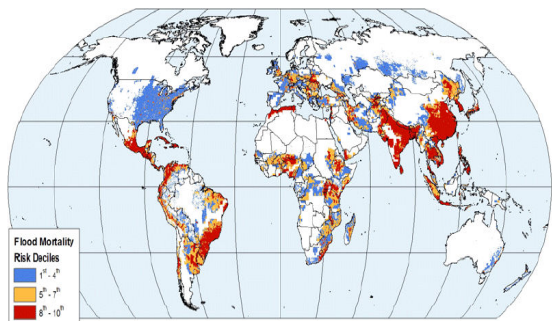


그림 3. 홍수에 따른 거시적 위험도

## 3.2. 미시적 접근방법

### 3.2.1. The Community-Based Risk Index

CBRI는 지역 간의 상대적인 재해 위험 크기의 정도를 비교하였다. 재해위험요인을 위험, 노출

정도, 취약성, 대처능력 등의 4가지 (47개 세부지표)로 나누어 지수를 산정하였으며 세부지표들은 중요도에 따라 상대적인 가중치 값을 가지게 된다. 그림 4는 Sikka와 Kulon 지역 간의 최종 결과를 보여주고 있다. 두 지역 간의 총괄위험지수는 그 값 (1-100사이의 값을 취함)이 56과 54로서 유사하다. 하지만 지역 간의 세부 위험요소의 특징을 살펴 보게 되면 두 지역 간 위험성은 비슷한 반면 Sikka 지역의 경우 취약성이 가장 큰 재해의 요인으로 나타나지만, Kulon 지역에서는 위험성, 노출도와 취약성 모두가 비슷한 값을 지닌다. 즉 두 지역에서의 노출도와 대응능력이 가장 큰 요인으로 나타난다. 이처럼 CBRI는 지역 간의 세부 특성을 고려할 수 있는 위험요소들간의 상대적 우위를 비교할 수 있는 특징을 가진다. 하지만 각 요소들은 지역 간의 특성이 다른 이유로 그 의미가 달라질 수 있으므로 의사결정자에게 주의를 요하는 선택의 문제를 부여하게 될 수 있다.

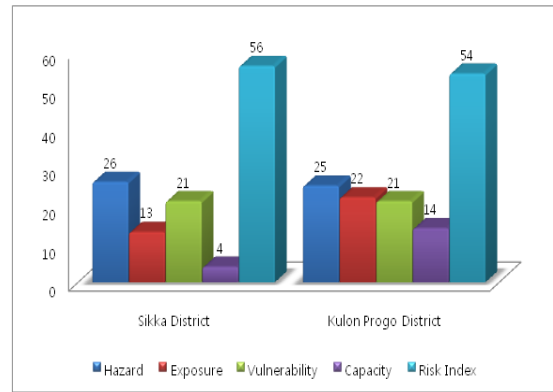


그림 4. Sikka 지역과 Kulon 지역간의 재해위험요인

### 3.2.2. 서울시 안전도 지수

나라별, 도시별 특성이 다를 수 있기 때문에 표준화된 평가기법 및 지표가 개발되지 못한 여지가 있어 서울시정연구원에서는 서울시를 대상으로 도시지역의 특성을 고려한 지역 안전도 모형을 개발 하였다. 홍수피해에 대한 서울시 지역 안전도 평가를 위해 홍수 피해의 주요 원인을 분석 후 지역 안전도 평가 요인 및 인자를 선택하였고 이들 인자와 관련된 자료의 계량화와 표준화가 이루어졌다. GIS tool을 이용하여 인자별 평가결과의 가중 합을 통한 중첩으로 위험성과 저감성 요소별 평가를 수행하였고, 위험성과 저감성 요소를 조합하여 홍수재해에 대한 서울시 지역안전도 평가를 수행하였다. GIS를 이용하여 자료의 구득 가능 공간단위를 조사하여 세부지점에 대한 데이터 추출 시 구득이 가능한 동 단위를 최소 단위로 사용하여 홍수피해 위험성 지표들을 이용하여 지역적인 특성을 반영할 수 있고 선택적 홍수방어전략 수립을 가능케 하였다. 하지만 치수와 관련된 지표 산정시 체계화된 데이터 산출 시스템의 결여로 자료 구득의 어려움이 있다.

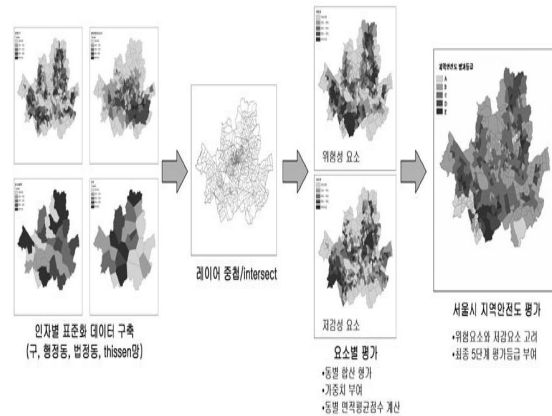


그림 5. 서울시 지역안전도 요소별 평가 과정

## 4. 국내 상황에 맞는 치수평가지수 개발방향

앞에서 살펴본 바와 같이 국외의 경우는 모두 치수관련 자료의 수집 및 가공을 제공해주는 시스템을 구축하여 치수지수를 산정하였다. 또한 완벽한 자료가 구축되어 있지 않더라도 이용 가능한 자료들만을 가지고 홍수취약성을 평가하는 시스템을 미국에서는 운영 중에 있다. 현재 우리나라에서는 일반대중, 정책결정자, 수자원관련 전공자들의 치수 현황 분석에 대한 자료를 얻고자 하는 욕구를 충족시키고자 WAMIS를 통해 치수관련 정보를 제공하고 있다. 하지만 제공하고 있는

항목이 다양하지 않고, 간단한 항목에 국한되어 있다. 따라서 치수관련 정보이용자들에게 보다 다양하고 실질적인 형식의 정보를 공간정보와 연계하여 제공될 수 있는 체계를 구축할 필요가 있으며, 관측 및 현황 정보와 함께 이를 기반으로 분석정보도 함께 제공할 필요가 있다. 이를 기반으로 미시적 접근방법을 적용하여 장래 치수특성전망 및 평가와 함께 치수 현황 파악 및 평가를 위한 치수종합지수를 제시 및 분석함으로써 지역 및 유역의 홍수취약성 평가가 가능해져 국가 치수 관련 계획 및 사업 선정에 활용할 수 있을 것이다. 특히 WAMIS를 통해 치수특성 전망 정보를 표출하는 체계를 구축하는 분야는 전문기관에 위탁연구 하도록 하고 수자원장기종합계획 수립시 참여한 전문가의 자문을 받고 외부 전문가를 통한 상호피드백 연결을 구성하도록 해야 하겠다.

현재 이수분야에서는 물이용 특성을 파악할 수 있는 지표를 개발 중에 있으며, 향후 치수분야와의 자료 공동화 및 공유를 위한 항목 분류체계 구축 예정에 있다. 또한 이수, 치수, 하천환경을 통합한 통합 물 관리 지표 개발을 준비하고 있다. 따라서 장래 물이용 특성 표출 시스템과 연계, 구축할 수 있도록 이수과 치수분야 모두 이수분야에서 기본으로 하는 개발 모델(Pressure-State-Response)의 형식을 치수분야에서도 적용하여 향후 상호간의 지표와 지수의 연계가 가능토록 해야 하겠다. 또한 상호 자료교환의 용이성을 위해 WAMIS내의 자료구조 및 중복 자료 중첩 등을 피하고 상호 지속발전 가능한 WAMIS 자료체계를 구축해야 할 것이다.

## 5. 결 론

급변하는 기후변동에 의한 지역 및 유역의 홍수취약성을 평가하는 것이 필수적인 요소로 인식되고 있음으로 국내 상황에 맞는 치수관리지수를 개발하여 장래 치수특성을 전망하고 제시할 필요가 있으며, 정보이용자들에게 다양한 치수 관련 정보를 WAMIS의 보강 및 보완을 통해 제공할 수 있는 체계를 구축할 필요가 있다. 국내 상황에 맞도록 구축된 WAMIS에 기반을 둔 치수관련 지수를 통해 향후 1) 지역 및 유역별 홍수취약성을 비교, 분석함으로써 주된 취약요인을 파악하고 치수관련 사업의 우선순위를 선정시 활용할 수 있는 정보의 생산을 위한 기반을 마련; 2) 지역 및 유역별 장래 치수 특성 전망 관련 정보 및 평가 지표 제공; 3) 국가 치수관련 정책 수립 지원 및 우선순위 결정을 위한 기반 정보제공으로 대안들의 비교 가능 및 가이드라인 제시; 4) 정책결정자, 일반대중, 수자원전문가 등 정보이용자를 대상으로 보다 다양한 형식의 정보를 WAMIS를 통해 제공함으로써 대국민 정보서비스 개선 및 신뢰도 제고가 가능; 5) 이수 및 하천환경 분야와의 자료 공유, 공동활용 및 지수 개발을 위한 기본 형식의 통일로 효과적이고 지속발전가능한 WAMIS의 발전이 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2001). 수자원장기종합계획(Water Vision 2020), 건설교통부.
2. 강민구, 김우구(2006). 유역의 수자원 및 환경 평가를 위한 Index와 Indicator의 활용, 물과 미래, 제39권 제39호, pp. 37-48.
3. 이창희(2006). 서울시 지역안전도 평가모형 개발연구: 홍수재해를 중심으로, 서울시정개발연구원.
4. Joern Birkmann(2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications, Environmental Hazards, 7 (2007) 20-31.