

# 국가치수안전도 평가를 위한 치수지표의 개발

## Development of Flood Control Index to evaluate National Safety from Flood Disaster

이주현\*, 조동진\*\*, 박두호\*\*\*, 최동진\*\*\*\*, 박성제\*\*\*\*\*

Joo Heon Lee, Dong Jin Cho, Doo Ho Park, Dong Jin Choi, Sung Je Park

### 요 지

전 세계에 걸쳐서 급격하게 일어나고 있는 기후변화로 인하여 최근의 홍수발생 빈도나 규모는 과거와 다른 형태를 보이고 있으며, 우리나라는 좁은 홍수범람지역에 인구와 자산이 과도하게 집중되면서 홍수피해 양상은 크게 변하여 홍수피해액이 기하급수적으로 늘어나고 있다. 이에 따라 치수지표의 개발을 통하여 재해피해 규모를 정량화하고, 치수안전도를 평가하고자 한다.

**핵심용어** : 치수지표, 치수안전도, 취약성, 피해성, 대응성

## 1. 서 론

기후변화로 인하여 최근의 홍수발생 빈도나 규모는 과거와 다른 형태를 보이고 있다. 홍수피해를 유발하는 외적요인인 홍수는 매우 지역적이고 대형화되는 반면 홍수피해가 발생하는 지역에서는 도시화가 진전되어 홍수피해의 잠재성이 날로 늘어나고 있는 것이 현실이다.

이와 같이 홍수규모와 홍수피해 양상은 최근 들어 분명히 변화하고 있다. 그러나 우리나라의 치수정책은 기존의 틀을 크게 벗어나지 못하고 있다. 기존 치수정책의 주요 문제점은 제방에 의한 획일적인 치수대책, 유역 전체에 걸친 균등방어, 행정구역 중심의 하천관리, 사후복구 위주의 소규모 투자, 이상홍수 대응 미흡 등으로 정리할 수 있다.

기존 치수정책의 문제점을 보완하기 위하여 우리나라에서는 매 10년마다 '수자원장기종합계획'을 세우고, 5년에 한 번씩 보완하도록 하고 있으며 이를 장기적인 국가 수자원 관리 지침으로 사용하고 있다. '수자원장기종합계획'에서는 치수대책의 다양화, 선택적 방어 개념의 도입, 유역중심의 치수대책 수립, 예방사업 위주의 효율적 투자, 비구조물적 홍수대책의 활성화, 토지이용 계획수립, 홍수에 대한 인식의 변화 등 7가지 치수종합계획의 장기적 정책 방향을 보여주고 있다.

\* 정회원 · 중부대학교 토목공학과 교수 · E-mail : [leejh@joongbu.ac.kr](mailto:leejh@joongbu.ac.kr)  
\*\* 정회원 · 중부대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail: [tkfd246@nate.com](mailto:tkfd246@nate.com)  
\*\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 · E-mail : [dhpark@kwater.or.kr](mailto:dhpark@kwater.or.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 국토환경연구소 소장 · E-mail: [djchoi62@hanmail.net](mailto:djchoi62@hanmail.net)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 미래수자원환경연구소 소장 · E-mail: [psungje@hotmail.com](mailto:psungje@hotmail.com)

## 2. 국내·외 치수지표의 특징

### 2.1 국내 치수지표

국내에서 개발되어 사용하고 있는 치수관련 지표는 크게 4가지 정도로 볼 수 있으며, 그 중 2001년도 수자원장기종합계획에서 처음으로 도입된 홍수피해잠재능(PFD, Potential Flood Damage)이 대표적이라고 할 수 있다. 국내의 치수분야에서 가장 많이 사용하는 PFD는 특정 치수 단위구역의 홍수에 대한 잠재적인 홍수피해의 취약정도를 나타내는 지수로서 홍수에 의한 잠재적인 피해 정도를 나타내는 지수이다. 홍수에 의한 잠재적인 피해 정도를 나타내는 잠재성요소와 홍수피해가 발생할 가능성 및 이에 대한 방어능력 정도를 나타내는 위험성 요소로 구성된다. 최근 기존 홍수피해잠재능의 한계를 보완하기 위해 분석 기간을 확대하여 홍수피해잠재능의 시간적, 공간적 특성을 분석하여 개선된 홍수피해잠재능을 산정한다.

이 밖에도 인명피해, 재산피해, 침수면적피해의 통합된 지표인 홍수피해지수, 치수정책을 고려한 구조적 홍수방어 최적대안 선정 및 기존의 의사결정 기법개선을 위한 치수정책성 평가의 항목과 항목별 산정방법을 제시한 치수정책성 분석지수, 방재예산의 규모를 지수화하여 비구조적 치수 대책에 대한 개념을 지표화하여 재해에 대비한 준비의 정도를 표현하는 홍수방어지수가 있다.

### 2.2 국외 치수지표

국제적으로 개발되어 사용되고 있는 치수 관련 지표는 크게 2가지의 유형으로 분류될 수 있다. 첫 번째는 홍수 및 각종 자연재해에 대한 수문·기상학적, 자연·환경적, 사회·경제적 취약성(vulnerability)을 정량화한 취약성 관련 지표가 있으며 또 다른 한 분야로는 홍수와 태풍으로 인한 각종 인명 및 재산피해를 정량화한 재해피해 관련 지표가 있다.

이와 같은 치수관련 국제적 지표는 주로 자연재해 경감을 위한 국제적 전략기구이자, 국가정보, 재난 관련 뉴스 등을 제공하는 UNISDR(UN International Strategy for Disaster Reduction)에서 개발되었으며 현재 가장 국제적으로 인정되어 사용되고 있는 재해 및 치수관련지수로는 DRI(Disaster Risk Index)가 있다.

DRI는 여러 가지의 독립지표를 복잡한 계산과정에 의해서 산정되는 지수로서, 재해위험지역에 거주하는 인구, 재해로 인한 사망자수 등의 자료를 필요로 하며, 동시에 재해에 의한 위험도를 별도로 평가하기 위하여 사회·경제적인 각종 지표를 활용하여 산정하게 된다. 따라서 DRI를 산정하기 위해서는 국가별로 방대한 입력 자료를 사용해야 하는 단점이 있지만 재해 및 치수와 관련된 가장 복합적이고도 확정적인 지표로 인정되고 있다. 또 다른 국제기구인 UNDP(United Nation Development Programme)에서 개발된 GVI(Global Vulnerability Index)는 각 나라의 홍수 및 태풍으로 인한 사망자수와 재해위험지역에 노출되어 있는 인구수를 이용하여 재해취약성을 정량화하는 지수로서 DRI와 함께 국가간의 재해피해정도 및 재해위험성을 알아보는 지수로 활용되고 있다.

또한 일본의 국토교통성 토목연구소(PWRI, Public Works Research Institute)에서 개발된 국제적인 지표로서 T-DSR이 있으며 지표의 구성체계인 DPSIR(Driving Force - Pressure - State - Impact - Response) 모형을 적용하여 산정이 비교적 간단하도록 제시된 지표이다. 즉, 치수계획의 수립 및 홍수관리를 위한 목표치(T, Target)를 설정하고 목표치에 근사한 값이 산정되기 위해서는 어떠한 대응책을 마련해야 하는가를 분석할 수 있는 치수정책의 방향을 제시할 수 있는 지

표로 활용될 수 있다.

이밖에도 Japan Water Forum에서 제시된 FVI(Flood Vulnerability Index), UNDP에서 제시된 Relative Vulnerability, 영국의 CEH에서 개발된 CVI(Climate Vulnerability Index) 등 다수의 치수 및 재해관련 지표가 개발되어 제시되어 있으나 대부분 그 산정과정에 매우 복잡하고 많은 양의 입력 자료를 요구하는 경우가 대부분 이어서 단순 치수지표로의 활용에는 많은 제약이 따르고 있다.

### 3. 치수지표(Flood Control Index)의 개발

선진국과 국제사회의 치수분야 지표는 지리적, 문화적 환경이 상이하기 때문에 우리나라에 직접 적용되기에는 많은 어려움이 따를 수 있다. 따라서 국가간 비교가 가능한 지표를 개발하여 우리나라의 현 위치와 문제점을 파악하고, 이를 토대로 더욱 국내의 유역이나 행정구역별 비교를 통해 정책목표를 설정하고 이를 평가할 수 있어야 한다.

#### 3.1 영역별 특성

##### 3.1.1 취약성

수문, 기상, 사회 및 경제적인 요인을 이용하여 자연재해에 대한 잠재피해가능성을 정량화 하며, 홍수와 같은 자연재해에 대한 잠재피해가능성을 정량화 한다.

##### 3.1.2 피해성

각종 자연재해로 인한 인명피해 및 재산피해액 등을 이용하여 피해규모를 지표화하며, 치수 및 방재분야에서 가장 일반적으로 이용되는 지표분야이다.

##### 3.1.3 대응성

치수투자비 및 홍수방어용 인프라시설 구축 정도 등을 활용하기 위한 지표이며, 홍수에 대비한 구조적, 비구조적 대응 및 대책을 세운다.

#### 3.2 구조적 특성

UNCSD에서 개발한 DSR구조는 추진력-상태-반응(driving force-state-response) 구조로서 PSR의 변형이라고 할 수 있다. DSR구조는 기존의 환경상태 또는 그 변화 정도만을 측정하던 지표와 함께 이러한 환경상태의 변화에 종합적으로 영향을 미치는 다양한 분야의 인간 활동 및 지속가능하지 못한 방향으로 변화된 환경상태를 개선하기 위한 인간의 노력 등도 지표로 포함시키려는 지표구조다. DSR구조에서 추진력(driving force)은 지속가능발전에 영향을 미치는 인간의 활동, 과정, 형태를 말하며, 이는 모든 인간 활동이 환경의 질에 긍정적인 영향과 부정적 영향을 가질 수 있음을 의미한다. 추진력은 문자 그대로 정부의 정책이 나 사회, 경제, 문화 요소 등 지속가능발전을 위한 환경적 요소에 영향을 주는 모든 요인들을 포함한다. 상태(state)는 추진력에 따라 발생하는 지속가능발전의 상태이며, 반응(response)은 지속가능발전을 달성하기 위한 사회의 활동을 의미한다. DSR구조는 PSR구조에 비해 경제 및 사회분야 지표개발에 상대적으로 유용하며, 지표들을 정확히 나누는 수단이라기보다는 지표들을 제시하고 분석하는 기본수단이라 할 수

있다. 또한, DSR구조는 경제, 사회 등 비환경적 분야로 범위를 확장함으로써 지속가능성의 경제, 사회 및 제도적 측면을 환경적 측면과 동등하게 고려할 수 있게 한다.

### 3.3 치수지표 선정

치수지표를 개발하기 위해 영역별, 구조적 특성을 고려하여 표 1과 같은 7가지의 지표를 선정하였다.

표 1. 치수지표의 선정

지표명	영역	구조	지표의 설명
홍수범람위험지역비율	취약성	추진력 (Driving force)	시간당 100mm 강우시 침수가 발생할 수 있는 지역의 비율
상습침수피해면적			홍수시 상습적으로 침수가 발생된 피해지역의 면적 비율
홍수피해액	피해성	상태 (State)	연도별 각 권역의 홍수피해액
홍수인명피해자수			권역별 전체인구 중 홍수로 인한 사망자수
홍수예방투자비율	대응성	반응 (Response)	GDP 대비 치수분야에 투자되고 있는 예산의 비율
하천정비율			외수 및 내수침수에도 안전한 하도의 비율
홍수저류능력			홍수기 유출량 중 댐 및 저류지가 저류할 수 있는 저류용량의 비율

## 4. 치수지표(Flood Control Index)의 적용방법

### 4.1 홍수범람위험지역비율

홍수시 침수가 가능한 지역의 비율을 나타내며, 돌발홍수기준의 개념을 사용하여 시간당 100mm의 강우에 의해 제방월류가 발생하여 침수의 피해를 받을 수 있는 지역을 나타낸다. 홍수범람위험지역비율은 FFG의 산정방법을 이용하여 전체 유역을 소유역으로 구분한 후 소유역별 제방월류를 유발하는 지속기간별 누적강우량을 시간당 100mm로 입력하여 제방이 월류하여 침수가 예상되는 지역의 면적을 산정한다.

### 4.2 상습침수피해면적

홍수시 상습적으로 침수가 발생된 피해지역의 면적 비율로 홍수시 2회 이상 침수가 일어난 지역을 상습침수지역으로 정하여 면적의 비율을 나타낸다. 유역종합치수계획의 상습침수지역 위치도에 의해서 지표 산정하며, 상습침수지역 위치도는 최근 20년간 침수피해지역을 현장조사 및 관련 기관의 자료조사 등을 바탕으로 조사한 결과이며, 1~4회까지 침수된 주요침수지역을 확인할 수 있다. 상습침수피해면적은 한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강권역의 전체 면적중에 상습적으로 침수가 발생하고 있는 면적이 얼마나 포함되어 있는가를 나타내어 각 권역의 과거의 침수피해 실적을 유역별로 확인할 수 있다.

### 4.3 홍수피해액

홍수시 입은 손실정도는 GDP대비 홍수피해액을 표준화하여 표현한다. 국가수자원정보시스템(WAMIS)의 홍수피해액에 의해서 지표가 산정되며, 2001년까지는 국가수자원정보시스템(WAMIS)의 자료를 이용하여 권역별 홍수피해액을 산정하였고, 2001년 이후는 재해연보의 자료를 이용하여 우리나라 전체의 홍수피해액을 산정한다.

### 4.4 홍수인명피해자수

홍수시 발생한 인명피해 정도는 전체인구대비 인명피해자수를 표준화하여 표현한다. 국가수자원정보시스템(WAMIS) 홍수피해현황의 홍수인명피해 수에 의해서 지표를 산정되며, 홍수피해액 지표와 같이 국가수자원정보시스템(WAMIS)의 자료를 이용하여 권역별 홍수인명피해자 수를 산정하며, 2001년 이후는 재해연보의 자료를 이용하여 우리나라 전체의 홍수인명피해자 수를 산정한다.

#### 4.1.5 홍수예방투자비율

홍수를 예방하기 위한 정부의 치수투자비를 GDP에 대비하여 비교한다. 2000년부터의 치수사업에 투입된 예산에 의한 홍수예방투자비율 산정하며, 산정된 지표를 통해 우리나라의 홍수예방을 위한 투자의 현황을 알 수 있으며, 홍수피해액 및 상습침수면적과 비교하여 투자대비 피해지표의 변화를 파악할 수 있다.

#### 4.1.6 하천정비율

유역종합치수계획상의 하도분담 홍수량을 소통시킬 수 있는 하도연장 비율을 나타낸다. 유역종합치수계획보고서의 각 권역별 제방능력 평가자료를 통하여 하천정비율을 산정하며, 유역종합치수계획의 제방능력평가는 하천의 대표적 치수시설물인 제방에 대하여 각 하천의 능력을 평가한다. 하도의 수리학적 통수능과 함께 하천연안의 토지이용현황, 내수지역의 지반고, 내수처리방식 등을 종합적으로 고려하여 결정하며, 기존의 하천개수율을 대치할 수 있는 지표이다. 뿐만 아니라 외수 범람에 대한 안정성 뿐만 아니라 내수침수에 대한 안정성도 동시에 고려할 수 있는 지표이다.

#### 4.1.7 홍수저류능력

홍수기의 일평균 유출량을 유역내 저류가능공간에 채우는데 걸리는 시간을 나타낸다. 홍수기 방어능력을 간접적으로 알아볼 수 있는 지표이다. 수자원장기종합계획의 권역별 유출량과 국가수자원정보시스템(WAMIS)의 댐 총저수용량을 바탕으로 홍수저류능력을 산정하며, 수자원장기종합계획의 월별 유출량을 통해서 홍수기(6-9월)의 유출량을 산정하여 일평균화 하고, 권역별 총저수용량과 홍수기 일평균 유출량을 이용하여 며칠 동안의 유출량으로 저수용량이 만수가 되는지 산정한다.

## 5. 결론 및 향후 연구

치수 분야에서는 취약성, 피해성 및 대응성의 3가지 영역에서 총 7개의 핵심지표가 선정되었다. 취약성영역에서는 홍수범람위험지역비율, 상습침수피해면적, 피해성영역에서는 홍수피해액, 홍수인명피해자수, 그리고 대응성 영역에서는 홍수예방투자비율, 하천정비율, 홍수저류능력 등의 지표가 선정되었다. 7개의 치수분야 핵심지표는 기존에 통계자료로 관리되고 있는 국가 기본 통계자료로부터 산정이 가능하도록 비교적 간단한 계산 체계로 구성되어 있으며 각종 통계자료는 WAMIS, 재해연보 및 국가통계포털 등으로부터 얻을 수 있다.

본 연구는 현재 진행 중에 있다. 홍수범람위험구역 및 하천정비율의 경우에는 새로운 산정방법을 적용함으로써 향후 지속적인 관련 자료의 수집 및 축적이 필요할 것으로 판단되며, 지표의 산정에 있어서도 다른 지표와는 달리 별도의 추가적인 연구 및 작업이 필요할 것으로 판단된다.

향후 홍수범람위험구역, 하천정비율 등의 세부지표 산정이 완료되면 의사결정기법을 통한 가중치를 달리하여 하나의 통합지표를 산정한다면 보다 전문적인 지표로 거듭날 수 있을 것이다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부 및 한국수자원공사의 ‘국가수자원 관리지표 설정’ 연구용역에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부, 한국수자원공사(2006), 수자원장기종합계획(2006~2020)보고서, pp 166
2. 기상연구소, 기상연구 NewsLetter, Flash Flood Guidance(FFG), 2001-4 (통권 제24호)
3. 수자원장기종합계획 보완 -치수종합계획(안) 요약, 2005. 한국수자원공사, 한국건설기술연구원
4. 국토해양부, 금강1권역(하류) 유역종합치수계획(안) 보고서, 2008.10
5. 돌발홍수기분도를 이용한 홍수취약성 평가 보고서
6. Global Risk And Vulnerability Index Trends per Year (GRAVITY) : Phase IV Annex to WVR and Multi Risk Integration, (UNDP/BCPR)
7. Reducing Disaster Risk : A Challenge for Development, UNDP
8. Using the Climate Vulnerability Index to assess vulnerability to climate variations
9. Water: a sheared responsibility; 2006, chapter 10 Managing Risks: Sevuring the Gains of Development, (WMO(World Meteorological Organization) and UN-ISDR(Inter-Agency Secretariat, United Nations International Strategy for Disaster Reduction)
10. MANAGING FLOOD AND WATER-RELATED RISKS : A CHALLENGE FOR THE FUTURE , (Tarek MERABTENE, Junichi YOSHITANI and Daisuke KURIBAYASHI)
11. Flood Vulnerability Index, (Richard F. Connor), Japan Water Forum
12. INDICATORS OF DISASTER RISK AND RISK MANAGEMENT, 2005, (IADB-UNC/IDEA)
13. e-나라지표 (<http://www.index.go.kr/>)
14. 국가통계포털 KOSIS (<http://www.kosis.kr>)
15. 국가수자원정보시스템 WAMIS (<http://www.wamis.go.kr/>)
16. 국가통계포털 KOSIS (<http://www.kosis.kr>)