

치수특성평가를 위한 홍수위험지수 개발

Establishment of Flood Risk Index for Flood Management

이동률*, 임광섭**, 최시중***

Dong-Ryul Lee, Kwang-Suop Lim, Si-Jung Choi

요 지

홍수피해를 발생시키는 외부적인 요소 측면에서 과거와는 다른 강우특성이 뚜렷이 나타나고 있고, 홍수 피해의 측면에서 홍수에 의한 피해 잠재성이 매우 커지고 있는 시점에서 치수대책은 내·외부적인 여건변화에 민감하게 대처해야 한다. 수자원장기종합계획보고서(국토해양부, 2006)에서는 과거와 같은 제방위주의 치수대책으로는 변화하고 있는 강우상황에 대처할 수 없을 뿐만 아니라 급증하는 홍수피해를 줄이기에는 한계가 있다고 강조하고 있다. 따라서 이와 같은 내·외부적인 환경변화에 대응하기 위해 새로운 패러다임의 홍수대책의 수립이 필요하고, 급변하는 기후변동에 의한 유역의 홍수취약성을 파악하기 위한 지표를 개발하여 치수 정책과 관련 사업의 의사결정을 지원할 수 있는 체계가 뒷받침 되어야 한다.

본 연구에서는 P(Pressure, 압력)-S(State, 현상)-R(Response, 대책) 구성체계를 기반으로 홍수 위험지수(Flood Risk Index, FRI)를 개발하여 유역 간 홍수의 취약성 비교·분석을 하고 해당 지역의 주된 취약요인을 파악하여 정부 및 지자체의 치수관련 정책 결정을 효과적으로 지원할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

핵심용어 : 홍수위험지수, PSR 구성체계, 홍수관리, 의사결정, 수자원정보화

1. 서 론

홍수위험지수(FRI)는 치수상태의 변화를 계량화하고 홍수 피해문제를 확인, 해결하기 위한 우선순위를 부여하는 척도로서 지역적인 치수사업목표와 관련하여 홍수에 대응하는 지역 및 유역의 현 상태와 자연적인 요인에 의한 치수사업의 압력 그리고 이에 대응하는 정부의 정책을 평가하는 유용한 수단으로 활용할 수 있다. FRI의 부재는 우리 자신이 처한 홍수재해 등을 객관적으로 모니터링 하는데 한계를 가져올 수 있으며 지역 간 홍수 취약성 분석이 어려워져 해당 지역의 주된 홍수 취약요인 파악이 쉽지 않게 된다. 결국 홍수재해로 인한 피해가 증대되는 실패로 이어질 수 있다.

FRI는 과거에 대한 평가, 현 위치 진단 그리고 미래상황에 대한 예측을 가능케 하는 객관적이고 명확한 척도라 할 수 있다. 물론 치수관리지표는 관련 지표들을 계량화하여 수치로 나타냄으로써 개별적 또는 선별적 정보특성을 고려하지 못하는 단점이 있다. 하지만 전체적인 치수 현황에 대한 판단을 용이하게 해줄 뿐 아니라 치수분야의 수자원정책결정지원 체계구축이라는 장점이 있

* 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 책임연구원 · E-mail : dryl@kict.re.kr
** 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 박사후연구원 · E-mail : oklim@kict.re.kr
*** 정희원 · 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원 · E-mail : sjchoi@kict.re.kr

다. 따라서 과거 홍수가 발생하면 해당 피해규모를 기준으로 피해지역을 지정하여 복구하는 구조 물적 치수사업 수행의 성격에서 벗어난 수문, 사회, 정치, 경제 및 환경 등을 고려한 다학제간 연계와 이들 부문별 또는 이해관계자들의 참여를 도모하는 FRI의 개발이 필요하다.

2. 본 론

현재 국내·외 연구소에서는 다양한 주제별(압력, 현상, 대책) 지표를 하나의 복합지수 (composite index)로 집계하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다. 복합지수(이하 FRI)의 장점은 서로 다른 지표에 상이한 영향을 주는 정책의 효과를 홍수피해 요인(압력, P), 홍수피해 현상(현상, S), 및 홍수피해 저감 노력(대책, R)의 각각의 주제별 맥락에서 정량적으로 비교할 수 있다는 것이다.

2.1. 지표연계체계

PSR 구조는 환경평가를 구조적 체계 내에서 측정하고자 OECD에서 고안한 최초의 모형이다. 국내 치수 관련 지표연구의 경우 PSR 체계와 같이 명확한 인과관계를 바탕으로 한 연구체계가 미비한 상태다. 본 연구에서는 PSR 구성 체계에 맞추어 국내 홍수피해 원인 및 영향인자를 검토하여 홍수피해 영향 인자를 지표의 주제별 특성에 따라 전체 치수특성을 압력, 현상, 대책 등 3개 분야로 구분하였다. PSR 구조는 현 치수특성 평가문제를 치수상태의 인과관계로 분석할 수 있으며, 사회, 경제 및 여타 쟁점사항 간의 상호 연관된 관점에서 파악이 가능하다.

홍수피해로 부터의 압력(P)은 유역의 홍수피해에 대한 물리적 압박을 평가하기 위한 수단으로 지표 값이 높을수록 해당 지역의 홍수피해 대상이 재해 상황에 취약한 것으로 판단할 수 있다. 현상지표(S)는 홍수에 노출되어 있는 유역수준을 판단할 수 있는 지표로서 홍수피해 현황을 파악할 수 있다. 대책지표(R)는 유역에서 홍수 재해 발생 시 이에 대응할 수 있는 홍수 대처 능력을 판단할 수 있다. 압력-현상-대책의 특성을 대표하는 세부 항목은 그림 1과 같다.

2.2. P-S-R 분석

지표연계체계에 따라 중권역별 치수지표 시계열 DB를 구축한 후 기초 통계분석을 수행하였다. 117개 중권역에 대하여 모든 개별 지표에 대한 자료가 존재하는 1982년을 기점으로 2006년까지 매 연도별 압력, 현상, 대책지표를 산정하였다. 하지만 시간적으로 매년 주제별 지표값을 산정하여 변화를 분석하기에는 한계가 있다. 예를 들어 현상지표와 같은 경우는 홍수피해로 인한 지리적, 물리적, 사회적 피해현상을 나타낼 수는 있지만 이벤트성 성격이 강한 홍수의 특성상 태풍이 많고

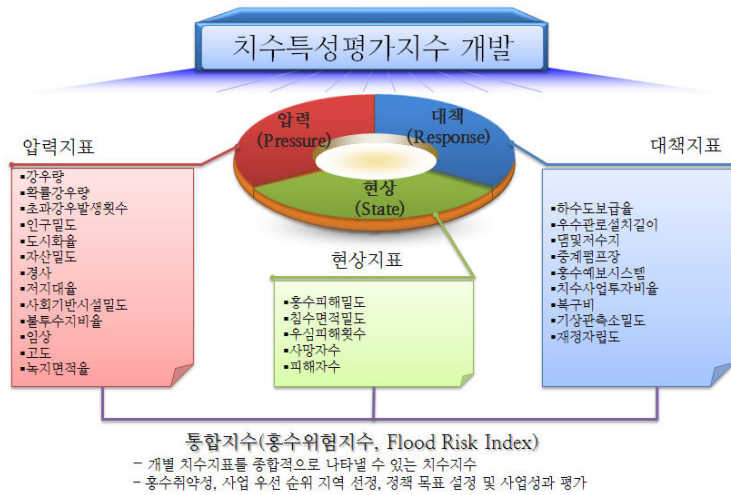


그림 1. 홍수위험지수(FRI)의 구성체계

피해가 컸던 년도와 가뭄이 들었던 년도와의 직접적 비교는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 10년 단위(1980년대, 1990년대, 2000년대)로 압력, 현상, 대책지표 값을 산술 평균하여 큰 맥락에서의 각 주제별 지표의 과거로부터의 변화 추이를 분석하였다. 그림 2는 연대별 압력-현상-대책지표 값의 변화를 보여주고 있다. X축은 중권역별 고유번호로서 0~30은 한강권역, 31~63은 낙동강권역, 64~84는 금강권역, 85~99는 영산강권역, 100~113은 섬진강권역, 114~117은 제주도권역을 의미한다.

압력지표는 그림 2와 같이 지표 값이 조금씩 증가하는 추세를 보이고 있다. 즉, 홍수 피해의 직접적 원인이 되는 초과강우발생횟수, 인구밀도, 확률강우량 등이 지속적으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 현상지표의 경우도 압력지표와 마찬가지로 과거에 비해 2000년대로 갈수록 조금씩 증가하는 추세를 보이고 있다. 다시 말해 홍수에 대한 원인 인자의 증가는 홍수피해라는 직접적 결과로 나타날 수 있음을 의미 한다고 볼 수 있다. 부분적으로는 1990년대가 2000년대 보다 큰 지표 값을 가지는 경우도 있으나 이는 현상지표의 특성상 이벤트성이 강한 성격을 가지고 있기 때문이다. 예를 들어 1990년대에 강한 호우를 동반한 태풍이 많이 발생하였다면 사망자수는 물론 피해자수, 홍수피해, 침수면적 등이 증가하게 되어 현상지표는 큰 값을 가지게 된다. 따라서 현상지표는 이벤트성 성격을 다소 가지고 있다고 할 수 있다. 반면 대책지표의 경우 압력, 현상지표와는 달리 큰 폭으로 감소하고 있다. 2000년대 들어 1980년대에 비하여 큰 폭으로 지표 값이 낮아지고 있음을 알 수 있다. 지표 값의 하락은 곧 홍수피해 저감능력이 향상되고 있음을 의미한다.

주제별 지표의 분석결과를 그림 2를 통해 알 수 있듯이 압력, 현상, 대책지표간의 상관성을 보여주고 있다. 압력이 증가하고 현상이 증가할 경우 대책의 반응이 적게 나타난다. 특히 압력과 대책간의 상대적인 증감은 깊은 관계를 가지고 있다고 볼 수 있다. 이러한 상관성을 중권역별 혹은 시도별로 분석하면 향후 치수관련 방재 대책, 정책관련 분야에 많은 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

2.3. 홍수위험지수(FRI) 산정

현재 국내·외 연구소에서는 다양한 주제별 지표를 하나의 복합지수(composite index)로 집계하려는 시도가 이루어지고 있다. 복합지수(이하 FRI)의 장점은 서로 다른 지표에 상이한 영향을 주는 정책의 효과를 홍수피해 요인, 홍수피해 현상, 및 홍수피해 저감 노력을 한 맥락에서 정량적으로 비교할 수 있다는 것이다.

FRI는 개별 치수지표(압력, 현상, 대책지표)를 종합적으로 나타낼 수 있는 치수특성평가지수를 일컫는다. FRI는 위에서 살펴본 홍수에 대한 압력-현상-대책지표로 구성되며 사회적 합의나 이론적 연구를 통해 도출된 가중치가 부여된 각 주제별 지표값의 곱으로 산정된다. 본 연구에서는 개별 지표 모두에 대하여 동일한 균등 가중치를 부여하여 FRI를 산정하였다. 선정된 FRI 세부 구성

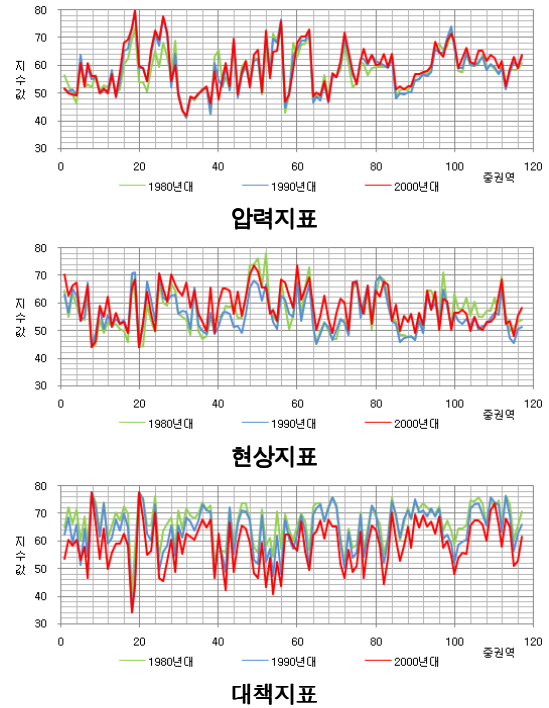


그림 2. 연대별 각 주제별 지표값 변화

체계는 그림 1과 같고 산정절차는 그림 3과 같다.

주제별 지표를 바탕으로 산정된 FRI 지수 값을 10년 단위로 산술 평균하여 분석 하였다. 산출된 FRI 지수 값은 GIS를 이용하여 계급구간을 나누는 Quantile 기법을 적용하여 5개 계급구간으로 나누었다. 5개 계급구간은 위험도에 따라 홍수로부터 취약하거나 위험이 가장 큰 High, 다소 큰 Medium High, 중간인 Medium, 조금 낮은 Medium Low, 낮은 Low 구간으로 나뉜다. 해당 계급구간에 속하게 되는 해당 중권역의 면적을 모두 합산하여 전체면적과의 비를 산출하였으며 이를 해당 계급구간의 FRI 차지면적율이라 한다. 산정된 FRI 차지면적율은 표 1과 같다.

그림 4는 중권역별 FRI 산정 결과를 나타내고 있다. 1980년대에는 남해안 최단 부근과 서해안과 인접한 금강권역을 중심으로 많은 지역들의 FRI가 큰 것으로 나타났다. 한강권역의 경우 한강고양, 한강서해 등이 낙동강권역의 경우는 낙동강 하구인, 거제도, 낙동강 남해 등이 금강권역의 경우 금강서해, 직소천 등에서 지수값이 크다. 영산강권역의 경우 이사천, 완도, 금산면 등이 섬진강권역의 경우 와탄천, 영산강 하류, 영암 방조제 등에서 FRI 값이 크게 나타나 다른 중권역들 보다 상대적으로 홍수로부터의 위험이 큰 것으로 파악되었다. 1990년대와 2000년대에 들어서면서 FRI 값이 각 중권역의 지리적·사회적·자연적 여건에 영향을 받아 변화하고 있음을 알 수 있다. 2000년대의 경우 한강권역에서는 한강하류, 한강고양, 양양남대천, 한강서해 등이 FRI가 크게 나타났다. 낙동강 유역의 경우 남해안과 인접한 지역을 중심으로 과거에 비해 많은 지역들이 홍수 대책의 일환인 대책지수의 상승으로 인해 홍수위험이 많이 낮아지고 있음을 알 수 있다. 하지만 남해도, 가화천, 거제도 등은 홍수위험도가 큰 것으로 분석되었다. 금강의 경우 부남 방조제, 직소천, 삼교천 등을 제외하고는 전체적으로 홍수로부터의 재해의 위험이 감소하고 있다. 살펴본 바와 같이 FRI 지수 값이 전반적으로 감소하고 있음을 그림 4를 통하여 알 수 있었다. 이는 그동안의 치수대책 수립 및 지속적인 치수 사업의 성과로 홍수로부터의 위험도가 점점 감소하고 있음을 의미한다.

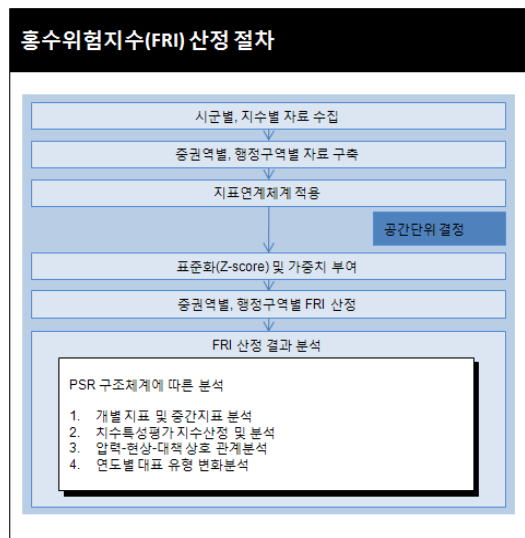


그림 3. FRI 산정절차

표 1. FRI 차지면적율 현황 - 전국

등급	1980년대	1990년대	2000년대
Low	10.4%	16.3%	14.6%
Medium Low	19.4%	21.3%	24.9%
Medium	26.5%	28.2%	30.5%
Medium High	21.0%	25.5%	24.1%
High	22.7%	8.6%	5.9%

FRI 지수값은 홍수에 대한 압력-현상-대책지표의 통합 차원 산출물이므로 각 지표 하나의 직접적인 현상이라고 설명될 수 없으며 각 지표 상호간의 관계라고 할 수 있다. 하지만 해당 구역의 연도별 특성을 파악하는 데에 도움을 줄 수 있을 뿐 아니라 FRI 분석에 따른 홍수위험도 유형의 추세에 따라 치수대책 수립시 각 지역의 과거 연도별 홍수특성을 반영하여 해당 지역의 특성에 적절한 대책의 수립은 물론 재해위험지구정비사업, 하천정비사업, 하수도개선사업, 펌프장 개선사

업 등 치수방재사업에 대한 우선순위를 결정할 수 있을 것이다. 지역의 홍수피해 예방 및 저감을 위한 종합대책인 수자원장기종합계획 수립시 홍수로 인한 재난피해 분석의 정성적 평가에 대한 기본 자료로 그 활용성이 높을 것으로 기대된다.

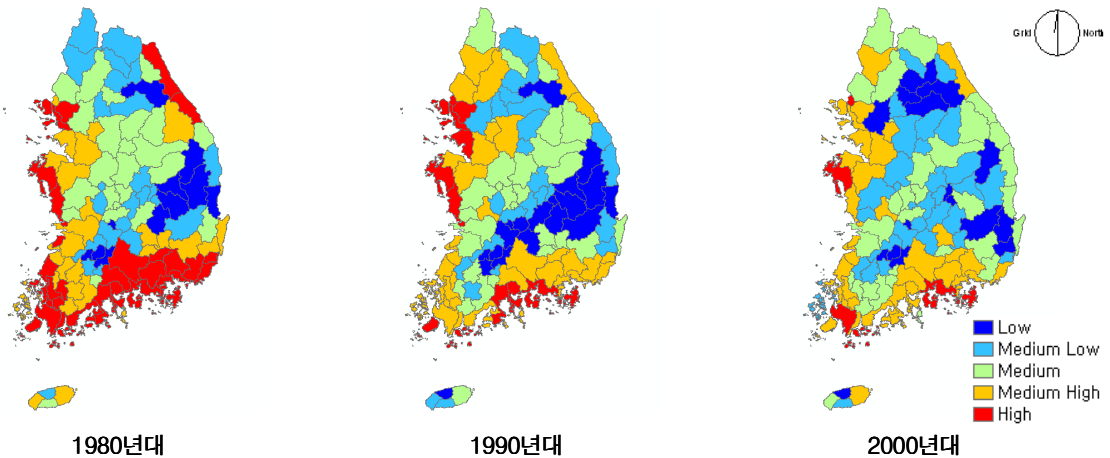


그림 4. 중권역별 홍수위험지수(FRI) 산정 결과

3. 결 론

본 연구에서 제시한 PSR 구성체계로 이루어진 FRI는 치수관련 분야에서 여러 관점에서 종합적으로 평가하기 위해 개발된 것이다. 이 지수는 중요한 결과를 보여줄 수도 있지만 이 지수가 아주 명확한 수치를 제시하거나 어떤 상황에 대해 전체적인 자료를 제공하는 것은 아니다. 이런 지수를 개발하고 지수에 대한 객관성을 확보하는 것은 상당히 어려운 일이다. 하지만 지역적인 치수 사업목표와 관련하여 홍수에 대응하는 지역의 현 상태와 자연적인 요인에 의한 치수사업의 압력 그리고 이에 대응하는 정부의 정책을 평가하는 유용한 수단으로 이용될 수 있다. 이러한 이유에서 FRI는 치수행정에 있어서 치수계획 추진 시 올바른 치수상과 정책의 방향성을 제시할 수 있을 뿐만 아니라, 정책의 정량적 목표 및 중점과제 도출이 가능하다. 또한 각 부문별 이해관계를 도모한 치수관련 사업 추진을 가능케 하여 일반국민, 정책결정자, 수자원관련 전공자등이 지표를 통해 통합적인 치수현황 분석 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부 (2000), 수자원장기종합계획(Water Vision 2020) 보고서.
2. 건설교통부 (2006), 수자원장기종합계획(2006 ~ 2020).
3. 이동률, 임광섭, 최시중, 조효섭 (2008), 치수관리지수의 비교평가, 한국수자원학회학술발표회 논문집.
4. 이창희 (2006), 서울시 지역안전도 평가모형 개발연구: 홍수재해를 중심으로, 서울시정개발연구원.
5. 임광섭, 이동률 (2008), 수자원정책 결정지원 체계구축을 위한 지수개발, 한국토목학회학술발표회 논문집.