

## 지속가능한 홍수관리 대책



한 건 연 >>

우리학회지 편집위원장  
경북대 토목공학과 교수  
kshanj@knu.ac.kr

### 1. 서 언

홍수는 인간이 지구에 생존하기 이전부터 모든 시대에 걸쳐 발생하여 왔다. 하지만 21세기에 들어 홍수재해규모가 대형화되고, 홍수발생빈도도 증가하고 있으며 이로 인해 이제 홍수는 인류 문명을 위협하는 무서운 재난이 되었다. 실제로 2007년 2월 프랑스 파리에서 개최된 IPCC(유엔기후변화 정부간판넬) 보고서에 의하면 2100년까지 지구평균온도는 최대 4℃까지 증가할 것으로 예측하고 있으며, 집중호우가 잦아질 것이고, 폭풍우의 강도도 더욱 높아질 것을 예측하고 있다. 이와 같은 양상은 인공적인 지형변화, 각종 시설물 및 구조물의 축조, 도시화된 토지이용 등에 의해 토지에 관한 환경적 요인은 급속히 변화되고 있으며 인구, 자산증대와 도시구역에의 집중, 생활양식의 전국적인 도시화, 생산활동의 거대화 등에 의해서 홍수피해는 더욱 가중될 전망이다.

홍수는 사회적인 자산 증가로 인해 경제손실의 관점에서 가장 큰 손실을 끼친다. 인구증가로 인해 이러한 상황은 지속될 것이며 기후변화로 인해 더욱 악화될 것이다. 이러한 홍수에 대응하기 위해서는 지속가능한 대책이 필요하며 이를 위해서는 다목적 유역 접근법 및 이해관계자의 참여와 같은 통합수자원관리 원칙을 포함하는 포괄적인 접근법이 요구된다. 이러

한 포괄적인 접근법은 홍수빈도 및 홍수규모의 감소, 홍수대책의 질적 향상을 도모할 것이다. 낮은 빈도의 홍수사상에 대해서 효과적으로 대처하도록 방어, 대비, 대응, 복구 등의 위험관리개념을 토대로 하는 방안이 강구되어야 한다.

### 2. 홍수, 무엇이 문제인가?

홍수는 모든 시대에 걸쳐 발생하였으며 그 사실은 중국, 이집트(나일 강), 인도, 네덜란드 등의 역사자료에서 찾아볼 수 있다. 고대의 홍수발생으로 인해 많은 사상자가 발생하였지만 당시의 사회는 홍수에 적응하였으며 홍수가 생물학적 다양성 및 생산성에 미치는 일부 긍정적인 영향을 수용하였으며 토사의 퇴적, 홍수터의 영양분 등 홍수로 인한 이익에 의존하기도 하였다.

지난 세기에는 미시시피 강(1993), 라인 강 및 뫼즈 강(1995), 오데르 강 (1997), 양쯔 강 및 모잠비크 (2000), 엘베 강/다뉴브 강, 양쯔 강 (2002) 등 거의 모든 대륙에서 대규모 홍수가 급격히 증가하였다. 더욱 최근에는 아르헨티나, 한국 (2002, 2003), 남아프리카/마다가스카르, 시베리아, 도미니카 공화국/아이티, 인도/방글라데시, 중국, 영국, 콜롬비아, 이란 (2004), 미국 뉴올리언스(2005)에서도 대규모 홍수가 발생하였다. 홍수빈도의 증가는 기후변화와 관련이 있으며 강우강도 및 지속시간의 증가를 초래한다. 1950년대 초 이후로 전세계에서 일어나는 대규모 홍수의 발생횟수는 10년간 7회 가량 증가하여 1990년대에는 34회의 홍수가 발생하였다. (Loster, 1999; UN/ISDR, 2005)

홍수발생빈도의 증가와 더불어 주목해야 할 경향은 홍수발생빈도가 높은 지역의 도시화로 인해 피해가 급속히 증가하는 것이다. 그 이유는 도시화가 인구증가 및 자산의 증가를 동반하기 때문이다. 일본에서는 1970년 이후로 홍수로 인한 개인자산손실이 1헥타르 당 3엔에서 47엔으로 증가하였다. 홍수빈도의 증가로 인해 미국에서는 1960년대~1990년대 동안에 경제적 손실이 200억 달러에서 2,000억 달러로 크게 증가하였다. 이러한 피해규모의 증가 원인으로 대도시의 급격한 증가현상도 주목할 필요가 있다. 대도시의 인구, 자산, 무계획적인 개발, 저류공간 및 비상대피지역의 부족, 복잡한 사회기반시설 등으로 인해 홍수에 극히 취약하다. 봄베이, 다카, 라고스, 자카르타, 상파울로, 방콕 등과 같은 개발도상국의 도시에는 수많은 빈곤계층이 홍수취약지역에 거주한다. 가난의 극복과 더불어 도시홍수방어는 다가오는 시대에 해결해야 할 중요한 과제가 될 것이다. 전세계적으로 발생하는 홍수는 다음과 같은 문제점이 있다.

- (1) 1985년에서 2003년 사이에 연간 평균 120만 km<sup>2</sup>의 지역이 홍수에 의해 범람되었으며 150만~800만 km<sup>2</sup>의 지역이 홍수로 인해 영향을 받았으며 75%가량은 아시아에 분포하고 있다. 홍수는 1986년과 1995년 사이에 발생한 5,370개의 자연재해 중 약 33%를 차지하며, 반면에 지진은 약 18%를 차지하였다.
- (2) 1985년에서 2003년 사이에 홍수로 인해 전세계적으로 연간 85억 달러에서 245억 달러의 피해가 발생하였다. 이러한 수치는 실제 피해액보다 과소평가 되었을 것이며 그 원인은 피해액을 정확히 추정하기 어려울 뿐 아니라 보고가 제대로 이루어지지 못하기 때문이다. 홍수로 인한 경제손실은 총 경제손실의 31%가량에 이르며, 반면에 지진은 약 29%에 이른다. 그 이유는 홍수가 넓은 지역에 영향을 미치며 지진보다 높은 빈도로 발생하기 때문이다. 홍수는 모든 자연재해 중에서 가장 많은 피해를

끼칠 것이다. 전세계적으로 홍수제어를 목적으로 사용하는 비용은 기타 자연재해에 사용하는 비용보다 약 두 배 많다. 연간 발생하는 홍수피해는 인구증가 및 1인당 유형자산의 증가보다 더욱 빠르게 증가한다.

- (3) 홍수는 많은 사람들에게 영향을 미친다. 세계적으로 보면 1985년에서 2003년 사이에 발생한 홍수로 인해 연간 5천명에서 1만5천명의 사상자가 발생하였으며 15억 명의 사람들이 이주 및 대피를 하였고 연간 600만 명이 집을 잃었다.

홍수가 발생하였을 때 사회가 그 피해를 통제하고 스스로 복구할 수 있는냐에 따라서 재난 여부가 결정된다. 홍수는 경제성장 및 경제적 예비자원을 제한하여 개발도상국들을 재난에 빠트린다. 1998년 허리케인 Mitch로 인해 발생한 홍수는 온두라스에 GDP의 69%에 달하는 경제적 피해를 입혔으나 (UN/ISDR, 2004), 그에 반해 유럽과 중국에서 발생한 홍수는 각각 GDP의 1%미만과 1~4%의 경제적 손실만을 가져왔다. 한국에서는 '02년 집중호우와 태풍 루사에 의한 피해 복구비용은 국가예산의 10%정도에 해당하는 규모로서, 당시 정부에서는 각 부처마다 반드시 추진해야 할 사업외의 예산을 전용하여 복구비를 충당해야 할 정도로 국가경제에 미치는 영향은 매우 크게 나타나고 있는 실정이다.

### 3. 홍수, 어떻게 극복할 것인가?

· 홍수에 대처하는 방법은 여러 가지가 있다. 예를 들어 모든 사람과 자산을 홍수위보다 높은 곳에 건설하는 것처럼 홍수를 받아들이고 인간의 삶과 활동을 홍수에 적응하는 것이다. 경제적 부의 성장과 함께 대부분의 사회에서는 하천을 따라 제방을 건설하여 침수지역 및 사상자의 수가 감소하였다. 일본의 경우는 1970년에서 2001년 사이에 연간 침수지역이 20만 헥타르에서 5만 헥타르로 감소하였다. 중국은 홍

수로 인한 사상자수가 1931년에는 145,000명에서 1954년에는 33,000명으로 감소하였으며 1998년에는 1320명으로 감소하였다. 네덜란드에서는 라인강에서 1995년 홍수위기상황이 발생하였지만 홍수가 발생하지 않았으며, 1926년 이후로 홍수가 발생하지 않고 있다.

기술적·구조적 대책의 결과로 홍수발생빈도는 감소하였다. 그러나 토사 및 유목 등 부유물의 퇴적은 제방사이 지역에 제한되며 수위는 점차적으로 상승한다. 이러한 현상은 보호지역 내 인구 및 투자가 증가하여 더욱 강화된 대책(예를 들어 더 높은 제방)을 필요하게 되는 악순환의 시초이다. 그 결과로 높아지는 제방에서의 수위는 더욱 높아지게된다. 최근 세계의 많은 국가(한국, 일본, 중국, 미국, 헝가리, 네덜란드)에서 설계홍수위는 하상에서 10m정도 높다. 이러한 상황에서 홍수발생빈도는 연간 1/100, 심지어 1/10,000까지 감소할 것이지만 낮은 빈도의 사상으로 인한 피해규모는 더욱 커질 것이다.

이러한 악순환을 막기 위해서 포괄적인 접근이 요구된다. 우선적인 단계는 유역의 수문학적 배경 내에서 홍수의 원인을 파악하는 것이다. 홍수는 부적절한 시간과 장소에 대규모의 물이 존재하는 것이기 때문에 상류에서 유입되는 유량에 대한 조절대책이 실시되어야 한다. 많은 국가에서는 1) 상류지역에 물을 저류하고, 2) 호수, 저수지 및 저류지역에 초과 유량을 일시적으로 저장하며, 3) 홍수터를 낮추거나 제방의 재조정을 통해서 하류의 유량수용능력을 향상시키는 등의 종합적인 대책을 시행하였다. 이러한 접근방법은 홍수의 빈도 및 규모에 영향을 미친다.

위와 같은 기술적인 대책의 시행은 사회경제적인 이익 (하천주변에 거주하는 사람들, 홍수터의 자연적 가치, 운하, 농업) 뿐만 아니라 토지계획 및 이용에 큰 영향을 미친다. 따라서 홍수대책은 도시개발, 자연복구, 수로 및 농업의 개발, 용수공급, 전기발전 등의 계획과 효과적으로 통합이 이루어져야 한다. 홍수대책은 통합수자원관리(IWM; Integrated Water Management)의 중요한 요소가 되었으며 이미 많은

국가에서 홍수대책을 포함하는 IWM을 시행하였다.

IWM에 홍수예방대책을 포함하여 대책의 질과 수용성을 향상시키고 홍수의 빈도와 규모를 감소시킬 수 있지만 홍수량이 설계조건보다 클 경우에는 피해에 제대로 대처하지 못한다. 특정한 예방 수준에서는 그 수준을 유지하거나 올리기 위한 비용이 피해를 막아 얻을 수 있는 편익보다 크다. 또한 안전도가 증가하면 사람들의 홍수에 대한 경각심이 줄어들며 새로운 대책을 수용하는데 있어 어려움이 발생할 수 있다. 경각심이 줄어들면 경제개발이 제한 없이 이루어지며 대중 및 개인 자산에 대한 홍수피해가 증가한다.

홍수조절대책이 시행되고 있지만 홍수는 여전히 피할 수 없는 자연위험요인이다. 따라서 대책의 시행을 통해 사상자 및 피해의 관점에서 홍수위험을 감소시켜야 하며 이를 위해서는 예방에서 홍수위험대책관리에 이르는 여러 단계들이 필수적이다. IWM은 극한 사상에 대처하는 경우 위험관리의 원칙을 포함하여야 하며 이를 바탕으로 홍수대책은 빈도가 낮은 사상의 발생으로 인한 취약성 감소를 고려하여야 한다. 대책의 수립과 계획을 위해서는 위험관리개념을 다음에 같은 요소 등을 통해 실행되도록 하여야 한다.

- (1) 홍수파 특성 완화에 의한 홍수방어로서 수원지의 제어, 저류시설, 제방의 건설 및 수로의 확장
- (2) 위험지역의 선정, 홍수에 대비한 건물의 건설, 토지이용의 관리, 조기 경보시스템 (대피 준비 시간 확보) 등을 통한 홍수 피해 방지책
- (3) 비상대처계획, 주민의 경각심 유도, 홍수보험 제도 등을 통한 홍수사상에 대한 준비
- (4) 손상된 제방의 복구, 구조작업 및 대피를 통한 홍수발생 기간동안의 대응 및 피해경감
- (5) 홍수방지책의 개선을 위한 평가, 질병예방, 장애에 발생할 수 있는 사상에 대한 대응준비 등을 통한 홍수발생 후의 복구

(1)의 내용은 홍수발생빈도 및 규모를 줄이기 위한 대책이며, (2)의 내용은 홍수피해에 노출되는 것을 감

소시킴으로써 피해 가능성을 감소시키게 되며, (3),(4),(5)의 내용은 홍수발생시 사회에 발생하는 피해를 경감시키는 대책이다.

홍수위험관리 접근법은 UN의 지속가능한 홍수방지에 대한 ECE 가이드라인 (2002), 홍수관리에 대한 연합프로그램 (Associated Programme on Flood Management) (2003), EU의 홍수위험관리 (Flood Risk Management Initiative) (2004), UN 재난감소 국제적 전략 (United Nation International Strategy on Disaster Reduction) (2004) 및 세계 물포럼 (World Water Forum4) 등에 의해서 지원을 받고 있다.

홍수 위험요소 관리대책에는 홍수를 완벽히 극복하는 대책은 존재하지 않으며 피해를 감소시키기 위해서는 국민과 정부가 협동해야 한다는 것을 내포하고 있다. 정부, 국민, 정치가, 민간기업들로 하여금 특히 홍수가 오랫동안 발생하지 않은 시기 동안에 홍수의 위험에 대한 경각심을 가지도록 하고 미래에 닥칠 대규모 홍수에 효과적으로 대처하기 위한 장기간의 정책을 시행하는 것은 앞으로 해결해야 할 중요한 과제이다(UN/ISDR, 2004).

- (1) 방어대책의 효율성은 현재의 수준으로 장기간에 걸친 시행가능성을 바탕으로 평가되어야 한다(예를 들어 유지관리가 우선권이 변경으로 인해 방해를 받는지, 저류작용이 토지사용의 변화로 인해 방해 받는지 등을 검토하여야 한다). 적절한 방어체계가 보장되지 못하면 예방 및 대응조치를 개선할 수 있도록 보다 많은 노력이 필요하다.
- (2) 홍수방어 관련기관은 흔히 정치적 우선권이 낮음으로 인해 예산제약 때문에 필요한 유지관리 및 조치의 시행에 어려움을 겪는다. 정치적인 요구와 시행의 의지로 인해 재난이 발생하였을 때 “위기대응”의 차원에서 즉시 실시될 수 있

는 계획이 필요하다.

- (3) 정부는 홍수로 인한 막대한 경제적, 사회적 혼란을 초래하는 부적절한 대책에 대한 경각심을 불러일으키기 위해서 경제계획 및 경제성장률을 고려하여 재난의 영향을 포함시켜야 한다(UN/ISDR, 2004).

#### 4. 결론

지속가능한 홍수위험관리대책의 개념이 홍수와 관련된 예산확보 및 R&D 투자 등을 통해서 추진력을 유발하고 새로운 방향을 제시한다는 것은 분명하다. 수리학, 수문학, 하천공학과 같은 전통적인 토목분야들은 이미 공간계획, 사회경제 및 환경 과학을 통해 보완이 이루어지고 있다. 향후 대책은 홍수에 견딜 수 있는 건물을 건설하는 것이며 여기에는 새로운 기술이 포함되어야 한다. 예를 들어, 사람들을 대피시키고 저류지역 유입부에 대한 계획을 실시하기 위해서는 공무원 및 관련기관들이 어떻게 위험을 인식하고 대처하는지를 파악하는 것이 매우 중요하다. 이러한 사회 및 심리적인 측면과 더불어 치수계획 수립시 경제성 분석이 더욱 중요한 역할을 차지하게 된다. 재정상황이 집이나 소유물의 홍수 취약성을 감소시킬 때 시민 각자의 책임감을 높이는지 조사할 필요가 있다. 또한 대중과 개인간의 새로운 재정제도가 홍수에 저항할 수 있는 도시개발을 개선할 수 있는지, 유역의 상·하류 지역의 시민들 사이에 연대의식을 키울 수 있는지도 조사하여야 한다.

이제 장래에 도래하는 홍수위험에서부터 벗어나기 위해서는 중앙정부 및 지방자치단체의 홍수·방재예산의 확보, 주민들의 홍수의식 변화, IT 기술과 연계한 신개념의 홍수방어기술의 개발 등을 통해서 체계적인 유역관리를 실시하고 IWM 개념에 의한 지속가능한 홍수관리대책을 수립하여야 할 것이다.

참고문헌

- 한건연 등 (2005). “통합홍수관리에 의한 유역종합치수계획.” 한국수자원학회지 제38권 제4호, 한국수자원학회, pp. 42-47.
- 한건연 등 (2006). “06년 7월 풍수해와 21세기형 치수·방재 대책.” 한국수자원학회지 제39권 제8호, 한국수자원학회, pp. 75-79.
- 한건연 등 (2006). “수공구조물에 대한 Risk Analysis 기법의 적용 (I), (II), (III)” 한국수자원학회지 제39권 제10,11,12호, 한국수자원학회.
- 한건연 등 (2007). “풍수해 EAP 수립 실무.” 한국방재협회 부설 방재연수원 Associated Program on Flood Management(2003). “Integrated Flood Management.” Technical Document, World Meteorological Organization.
- Loster, T. (1999). Flood trends and global change, Flood Risk in Europe United Nations, Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction(UN/ISDR) (2004). Guideline for Reducing Flood Losses, Geneva. 