

도시홍수방재

이재수 (전주대학교 공학부 토목환경공학과 교수)

1. 서론

96년 7월에 경기도와 강원도북부지역의 대홍수로 인해 89명의 인명피해와 5천억원의 재산피해가 발생한데 이어 98년에도 7월말부터 8월 중순까지 전국적으로 강타한 국지성 집중호우로 인한 산사태, 제방붕괴, 침수 등으로 384명의 인명피해와 18만 여명에 달하는 이재민 그리고 1조 6천억원이란 막대한 재산피해를 초래했다. 그 다음해인 99년에도 홍수가 발생하여 89명의 인명피해와 1조 3천억원의 재산피해를 입는 등 매년 엄청난 인명 및 재산피해를 겪고 있다. 최근의 지구온난화 및 이로 인한 기상이변 등으로 집중호우가 빈발하고 있는데, 이와 같은 집중호우가 대도시 특히 수도권에 내릴 경우 그 피해는 상상을 초월할 정도이며 국가운영에도 치명적인 영향을 미칠 수가 있다. 도시지역에서 홍수피해를 입는 원인에는 여러 가지가 복합적으로 작용하겠지만 그 중에서도 수문 및 기상관측시스템, 홍수예경보시스템, 하천 및 유역관리시스템의 존재여부 및 정확도와 효율성이 크게 작용한다고 생각할 수가 있다.

2. 수문 및 기상관측시스템

강우, 수위, 유량자료는 도시홍수 예경보시스템에서 가장 기본이 되고 중요한 자료가 되며, 이러한 수문자료들이 얼마나 정확하고 신속하게 측정되어 분석되어지는가에 따라 홍수예경보의 정확성이 결정된다

고 할 수가 있다. 우리 나라에서 우량관측은 주로 건설교통부와 기상청의 자기 및 T/M 관측망에 의하여 실시되고 있다. 또한 한국수자원공사가 다목적 댐 상류지역에 홍수예경보 등을 위한 T/M 관측망을 운영하고 있으며, 농업기반공사에서 농업용수공급을 목적으로 우량관측소를 운영하고 있다. 따라서 관측소의 숫자로 보았을 때 WMO(세계기상기구)에서 권장하고 있는 우량관측망의 최소밀도 기준은 넘고 있다. 하지만 98년의 국지성 집중호우시 소유역별로 강우강도가 현저히 변화하는 것을 감안할 때 도시 및 인근지역에서의 관측망은 더욱 조밀하게 지형 등을 고려하여 적절한 위치에 설치될 필요가 있다.

수위관측은 건설교통부, 한국수자원공사, 농업기반공사에서 각 목적에 따라 수위관측소를 운영하여 이루어지고 있다. 수위관측소는 설치지점에서의 유출량을 파악하기 위해 설치되는데 주로 대하천의 본류상에 설치되어 있으므로 유역면적이 상당히 크다. 도시홍수 예경보시스템을 위한 수위관측소는 대하천뿐만 아니라 도시를 통과하는 중소하천 및 지천들에 대해서도 중요 지점별 수위관측소를 설치 운영할 필요가 있다. 수위 및 유속측정을 통한 수위-유량관계곡선(Rating Curve)은 홍수시 하상의 세굴 및 상류지역에서의 유사의 유입, 준설, 골재채취 등으로 단면적이 자주 바뀌는 경우가 많으므로 유량계산시 많은 오차를 초래하게 된다. 따라서 정기적인 하천단면 및 수위, 유속측정을 통해 수위-유량관계곡선을 보완하여야 한다.

자동기상 관측시스템 (Automatic Weather System, AWS)은 현재 우리 나라 기상청에서 20km 격자로 400대가 설치되어 운영중이며 이 시스템을 통해 풍향, 풍속, 기온, 강수량이 자동 측정되고 있으며 AWS를 개선함으로써 지하수위, 토양수분량, 지온, 일조시간, 눈의 두께, 유출량 등을 추가로 관측할 수가 있다. 위성관측시스템은 현재 기상청에서 일본의 정지궤도기상위성(GMS)과 미국의 극궤도기상위성(NOAA)으로부터 기상자료를 받아 분석하고 있으며, 미국과 일본에서 운영되는 열대강우관측위성(TRMM)자료를 이용하여 3차원적으로 강우변화를 분석하고 있다.

레이더관측시스템은 마이크로파를 발사하여 대기 중의 목표물로부터 반사된 전파를 수신하여 강수량을 예측하게 되는데, 현재 기상청에서 서울 관악산, 군산, 동해, 부산, 제주에서 운영중이며 돌발적인 기상 현상을 관측할 수가 있다. 기상청 본청에서는 이들 5개의 관측소로부터 자료를 수신하여 영상 합성 후, 다시 지방기상청과 전국의 기상대급 기상관서에 매 30분마다 송신하고 있다. 최근 개발된 기능이 더욱 향상된 차세대레이더(NEXRAD)를 사용함으로써 3차원 관측을 할 수가 있다.

3. 도시홍수 예경보시스템

도시홍수 예경보시스템은 첫째 인명보호, 공공건강 및 위험감소, 둘째 홍수로부터 공공 및 사유재산 피해 감소, 셋째 홍수로 인한 사회 및 경제활동 감소방지, 넷째 홍수예경보시스템을 통하여 유역 및 하천시스템의 보전 - 유지 - 복구를 통한 새로운 기회를 통해 도시생활의 질 증대 등과 같은 목적으로 효율적인 도시 지표유출관리 및 위기관리를 하기 위해 필요하다. 이와 같은 목적으로 구축되는 도시홍수 예경보시스템은 기상관측시스템, 강우 - 수위관측시스템, 관측자료의 수집 및 분석, 도시지역 강우 - 유출예측 및 하도 유출 컴퓨터 프로그램, 도시지역 유출통제시설물, 경보발령 및 대피구호, 피해복구 및 공공교육, 하천관리시스템 등과 같은 단계별 시스템이 구성되어질 때 비로서

소기의 목적을 달성할 수 있을 것이다.

도시홍수 예경보시스템에서는 비가 내리기 이전부터 기상상태를 충분히 관측하고, 강우의 양도 정확히 예측하여 돌발적인 집중호우로부터 피해를 예방할 수 있도록 충분한 대책결정 시간을 확보할 필요가 있다. 효과적인 기상 및 강우예측을 하기 위해서는 중장기 대기-지표기상수치모형을 개발하고, 자동관측시스템, 위성관측시스템, 레이더관측시스템 등을 이용하여 실시간 정확한 관측을 하며, 이들 관측자료를 사용하여 정확한 강우를 예측할 수 있는 단시간 수치모형 개발이 필요하다. 지형정보시스템(GIS)을 이용함으로써 원격측정한 수문자료를 취합하여 통합된 하나의 수문 관측 데이터시스템으로 활용할 수가 있으며, GIS를 이용해 이미 구축된 유역정보와 연계하여 분석함으로써 홍수예경보시스템의 입력자료로 곧바로 활용할 수가 있다.

도시홍수 예경보시스템은 기존의 5대강 홍수예경보시스템과 비슷한 구성을 하고 있지만 도시지역이라는 특수성을 고려하여야 한다. 즉, 강우예보시스템, 자료관리시스템, 유출예측시스템, 수리예측시스템, 저수지운영시스템, 침수예측시스템 등에 도시지역 내 수저류 및 배제시스템을 고려하여야 한다. 또한 유출예측시스템에는 도시지역의 지표유출을 제대로 모의할 수 있는 강우 - 유출모형 및 하도추적모형을 적용할 필요가 있다. 최근 컴퓨터시스템의 발달로 보다 정확하고 효율적인 강우 - 유출 예측모형을 적용할 수가 있으며, 도시지역 유출특성을 고려한 모형을 적용하여 지표유출을 예측하고 이를 이용하여 하도유출 예측을 위한 하천유출모형을 선정하여야 한다. 많은 도시수문모형들이 자세한 입력자료를 필요로 하는 공간적인 해석 및 계산을 하게 되는데, 이러한 공간적으로 변하는 다양한 모형자료를 준비하고 처리하며 분석하는데 GIS가 효과적이다.

4. 유역 및 하천관리 시스템

도시가 발전 및 확대됨에 따라 우수가 침투 및 저류될 수 있는 공간이 점점 사라지고 그 대신 불투수지역

이 증가하므로써 침투홍수량이 증가하고 침투 발생시간도 더욱 빨라지고 있다. 하지만 이와 함께 하류지역의 배수관망이 정비되지 않아 더욱 내수피해 발생 가능성이 높아지고 있다. 도시에서 하천으로의 유출억제를 유도하므로써 도시하류지역에서의 외수범람으로 인한 피해를 감소시킬 수가 있으며, 유출량을 임시 저장함으로서 땅속으로의 침투를 유발하여 후에 서서히 유출되게 함으로써 평상시 하천이 메마르는 것을 방지할 수도 있다. 이러한 시설물로는 우수지, 저류지, 침사지 등이 있으며 이외에도 공원 및 공공시설의 저류, 공동주택용지 및 단독주택용지로의 저류 그리고 도로나 주차장을 투수성포장으로 설치하여 침투를 유도함으로써 이와 같은 목적을 어느 정도 달성할 수가 있다. 도시가 개발됨에 따라 이에 상응하는 유출량의 변화를 검토하여 펌프장신설을 결정할 필요가 있으며, 주기적인 준설 및 노후화된 펌프의 교체 및 수리와 같은 관리를 통해 빗물펌프장이 제 기능을 할 수 있도록 유지하여야 한다.

GIS를 이용한 도시지역의 홍수범람위험구역도나 홍수재해지도를 작성함으로써 유역주민에게 수방에 대한 관심을 높이고, 긴급시의 수방, 대피활동 등에 활용할 수 있으며, 홍수범람에 의해서 침수의 가능성이 있는 지역과 정도를 알림으로써 홍수범람에 의한 침수피해의 가능성을 인지시킬 수가 있고, 수해를 대비한 여러 가지 자료를 제공할 수가 있다. 또한 상류지역의 댐들을 효과적으로 연계 운영하여 하류의 수위를 낮춤으로써 홍수범람의 위험을 상당히 감소시킬 수가 있다. 따라서 홍수예경보시스템의 한 구성요소로서 각 댐들을 연계하여 효율적으로 운영할 수 있는 기법들이 개발되어야 하며, 홍수에 대비해 사전에 각 댐들의 수위를 조절하기 위해서는 댐 상류지역에 강우레이다 등 신뢰성이 높은 강우예측시설이 구축되어야 하며, 이를 바탕으로 댐으로 유입되는 홍수량의 정확한 산정 방법들이 개발되어야 한다.

하천은 농업용수, 생활용수, 공업용수의 주 공급원이 되고 발전, 주운, 어업 및 관광에도 중요한 기능을 하고 있다. 하지만 홍수로 인해 하천이 범람하면 인명과 재산에 막대한 피해를 주게 된다. 또한 환경적인

측면으로 볼 때 하천은 어류의 생존과 번식, 주운, 각종 스포츠 및 레크리에이션의 장소로서 중요하며 경제가 발전하고 생활수준이 높아질수록 이러한 친수공간으로서의 기능이 중요성을 더하게 된다. 따라서 하천의 중요성을 깨닫고 전문적인 담당 부서가 연중 하천을 효율적으로 관리할 수 있는 시스템이 구축되어야 한다. 98년 수도권 대홍수에서도 나타난 바와 같이 하천의 정비 및 관리가 소홀하거나, 하천구조물의 무분별한 설치, 토사유입으로 인한 하천단면 변화에 대한 무관심, 하천의 복개, 하천둔치의 무단점용, 하천변내 도로의 설치로 인한 통수단면적의 축소, 단지게발에 따른 불투수지역의 증가로 인한 홍수유출량의 증가를 반영하지 못하는 등 여러 가지가 복합적으로 작용하여 피해가 발생하였다. 따라서 홍수피해를 방지하기 위한 하천의 구조적인 관리로 홍수위를 낮추어 하천범람을 방지하기 위한 하도의 개수, 하천 상류에서 하천의 분지 및 중소규모 다목적댐의 설치, 흐름을 방해하는 교량 및 암거의 재배치 또는 재건설, 제방 및 홍수벽의 설치, 하천시설물의 신속한 복구 등을 생각해 볼 수가 있으며, 하천에 직접적 또는 간접적으로 변화를 주는 사항들을 지역형편에 따라 임의적으로 수행할 것이 아니라 유역전체를 고려하여 장기적인 측면에서 신중하게 관리를 하여야 한다. 비구조적 관리에는 하천관리를 위한 계획홍수위의 산정, 유역변화에 대한 하천으로의 유입유량변화분석, GIS시스템을 이용한 하천정보관리, 홍수터 관리, 하천관리 전담행정부서의 역할 등이 있다.

5. 정부관련기관의 대책

최근 매년마다의 홍수피해를 겪은 후, 늦은 감이 있지만 99년 9월에는 대통령의 지시에 따라 대통령 비서실에 민간전문가와 관계부처 공무원으로 구성된 수해방지대책기획단을 설치하여 향후 10년간의 수해방지를 위한 개선대책 등 수해방지 종합대책을 수립하였다. 수해방지 기획단이 수행한 기존 수해방지 대책 평가에서 제시한 문제점을 보면 도시계획 등 각종 개발계획 단계부터 수해방지를 위한 제도적 장치가 미

흡하며, 하천관리에 대한 투자가 미흡하고 투자 우선 순위에서 소외되어 우선적으로 해결해야 할 상습침수 지역 등 재해위험지구와 내수배제시설 및 유지관리에 대한 투자가 소홀하였으며, 자기 생명과 재산을 스스로 지키겠다는 국민의 방재에 대한 인식이 상당히 결여되어 있으며, 정부관련 각 부처, 지자체 등 유관기관간 수해예방, 복구 등을 위한 협조 및 연계가 미흡하여 유역전체에 대한 고려 없이 하천개수 등 수해방지사업을 추진하여 효과가 없을 뿐더러 오히려 피해를 유발시키는 경우도 있다고 평가하였다.

이러한 문제점들을 개선하기 위해 수해방지대책기획단에서는 유역별 종합치수대책수립 및 추진, 하천시설물의 설계기준 재정비, 하천의 유지관리 강화, 각종 개발계획 수립 시 수해방지계획 반영 의무화, 개발사업 시행시 방재사전심의제도 도입, 우수유출저감시설의 확충, 재해위험지구 조기정비 및 체계적 관리, 배수시설의 정비 및 효율적 운영, 재해정보의 신속한 전달체계 구축, 호우예측 및 홍수관리 능력 강화, 재해대책본부 상황관리 능력제고, 총체적 복구협력체계 구축, 수해재발 방지를 위한 복구방법 개선, 자연재해보험제도 도입실시, 중앙 및 지방자치단체 방재조직 개선, 수해예방 연구기능의 강화 등 홍수피해방지를 위한 전반적인 개선대책을 수립하였다.

또한 홍수피해의 재발방지를 위해서는 과거의 홍수피해 원인분석이 철저히 이루어져야 하는데, 이를 제도화하기 위해서 국립방재연구소에서는 재해원인분석

단의 활동을 바탕으로 홍수피해원인 분석체도를 정착하기 위한 연구를 하고 있으며, 과거의 홍수를 대상으로 일부지역에 대한 홍수정보관리시스템을 시범구축하여 침수구역의 경계설정 및 연도별 침수면적산정, 침수구역 내 공공기관과 주요시설물의 검색, 침수로 인한 재산 피해의 산정 등의 자료를 제공할 수 있도록 하였다. 또한 한국수자원공사에서는 국내에 적합한 홍수위험지도를 구축하기 위하여 미국과 일본의 홍수위험지도 구축사례를 연구하여 홍수침수위 분석을 위한 모형의 개발을 추진하고 있다.

6. 맺음말

지구온난화를 포함하여 여러 가지 원인으로 인해 세계 곳곳에서 홍수 등 자연재해가 속출하고 있으며 인명 및 재산피해도 천문학적으로 증가하고 있다. 우리나라에서도 98년 대홍수와 같은 피해가 얼마든지 발생할 수가 있으며 만일 서울과 같은 대도시에서 홍수가 발생한다면 그 영향은 엄청날 것이다. 따라서 수도권 및 대도시의 홍수피해를 감소시킬 수 있도록 수문 및 하천전문가를 포함한 유역 및 하천관리 전담 부서가 구성되거나 기존의 관련 부서가 보강되어 관련 분야의 전문가의 의견을 정기적으로 수렴하며 장기적인 안목으로 수도권 홍수예경보시스템 및 하천관리체계가 구축되어야 하겠다.