

이제는 도시수해를 걱정할 때다

김진영 (행정자치부 재해대책담당관)

21세기 첫해인 올해 7월 14~15일의 서울지역 집중호우는 전형적인 도시형 내수피해로서 서울지방 강우기록 80여년동안 시우량으로는 3위권에 해당하는 집중호우가 가장 큰 원인이었으나 감전사고, 고속버스 터미널 침수, 동부간선도로 사전통제 미흡 등 인재적 요인 및 하수관거와 배수펌프용량 부족 등 천재적 요인이 복합적으로 작용하였다고 생각한다.

과거에는 제방을 월류하여 외수에 의한 홍수피해가 주가 되었으나 최근에는 도시지역의 내수가 원활하게 배제되지 못하여 침수가 발생하는 등 도시수해가 특히 피해의 주된 양상을 이루고 있으며, 상류의 개발상황이 가속화되면서 하류부 주요 도시에 피해가 발생할 우려가 가중되는 신종 수해가 우리의 생활을 위협하고 있다고 판단된다.

특히 지구 온난화에 따른 기상이변은 국지성 집중호우와 수자원의 지역적 편중현상을 야기시켜 종래의 수방대책과는 다른 차원의 근원적인 도시수해 대책을 계획적이고 단계적으로 수립, 시행할 필요성이 점차 대두되고 있다.

따라서 본 고에서는 향후 같은 유형의 집중호우가 발생하여도 피해를 최소화하기 위해서는 21세기 재해여건변화에 대응한 근원적인 수방대책을 마련하기 위한 방안을 제시하고자 하며, 개선대책에 대해서는 금번 서울지역 호우피해의 원인별 대책을 중심으로 기술하고자 한다.

1. 도시화에 따른 수문현상의 변화

도시로의 인구집중으로 인한 인구 및 가구수 증가와 주거공간의 고밀도화, 상가 및 업무용 면적의 확대, 하천부지의 점용 등과 같은 도시화로 인해 우수의 유출특성이 변화됨에 따라 수문학적 변화가 함께 발생하게 된다.

또한 자동차의 증가와 각종 세제의 사용 및 생활쓰레기 등이 발생함에 따라 환경적인 가중요인이 발생하게 된다.

1) 수문학적 변화

수문학적으로는 불투수성 면적의 증가로 인해 도시화이전에 비해 동일한 강우에 대해서도 침투유출량, 총유출량의 증가, 기저유출량, 증발산량의 감소, 홍수도달시간의 단축, 홍수위 증가, 동일 홍수위에 대한 침수위험 증가 등이 홍수재해의 가중요인으로 나타나게 되며, 이를 상세하게 살펴보면 다음과 같다.

(1) 물수지(Water Balance) 차원의 변화

크게 세가지 현상으로 구분하여 살펴볼 수 있는데, 첫째는 산림이나 초지가 택지로 변화됨에 따라 식물에 의한 증산효과가 저감되고, 이에 따라 식물에 의한 엽면 차단효과가 감소하는 것이 두 번째 현상이다. 이러한 현상을 투수성 지역의 불투수성 지

역으로의 변화에 따라 기저유출량이 감소하는 것에 비하면 미미한 변화일 수도 있다.

(2) 하천유량의 변화

산림이나 초지가 택지로 변화됨에 따라 증산량이 호우시 하천으로 유입되고, 투수성 지역의 불투수성 지역으로 변화되어 과거 침투되던 투수량이 하천으로 유입되어 홍수위를 가중시킨다. 또한 도시화 현상과 병행하여 나타나는 하천개수의 직선화, 하수도의 정비 등으로 인해 우수 유출량의 유속이 증가하여 하류부 하천의 홍수위에 부담을 주게 된다.

(3) 하천연변 저지대의 개발

하천의 고수부지 등을 도로 및 주차장으로 사용함에 따라 하천 단면이 축소되고 홍수위가 증가되며, 과거에는 사용하지 않던 저지대까지 택지 및 생활공간이 조성되면서 동일 홍수위에서도 인명과 재산피해가 크게 발생할 위험성이 상존하는 지역이 많아지고 있다.

(4) 하천복개화

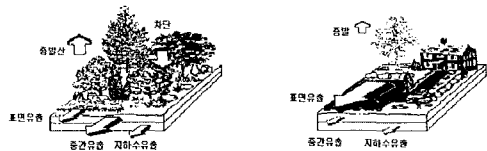
토지이용의 고도화로 건물들이 하천연안에 인접하여 밀집되어짐으로써 하천을 넓히는 등의 하천개수를 통한 치수대책이 곤란한 상태이다. 이것은 하천을 넓히기 위해 투자해야 할 토지보상비 등의 따른 비용과 함께 하천연변의 도로 및 주차장 이용을 위한 복개천 확대에 인하여 재해예방을 위한 계획 및 시설 설치를 저해하는 요인이 된다.

일례로, 지난 7월 14~15일 서울특별시 관악구 신림동지역의 집중호우는 단시간에 집중된 강우(최대시우량 127mm)로 인한 것이기도 하지만, 도립천 복개로 인한 통수기능 저하로 인해 저지대인 신림 10동과 6동의 약 1km 남짓한 도립천 지류의 복개 도로에 급류가 집중되면서 피해가 더 확산되었다.

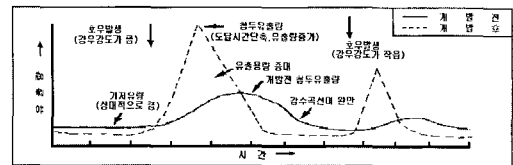
2) 환경적 변화

자동차 및 화석연료의 사용이 증가함에 따라 도로주변에 유류 찌꺼기, 배기가스 등의 유해물질 누적되었다가 초기 유출시 우수와 함께 배출되어 하천의 오염원이 된다. 또한 생활쓰레기의 증가 및 집중현상으로 영양물질이 과도하게 유입되어 하천의 수질오염에 있어 큰 문제를 야기시킨다. 이외에도 유해 화학물질의 증가(세탁 및 세척용 세제, 제초제)로 하천오염이 가중된다.

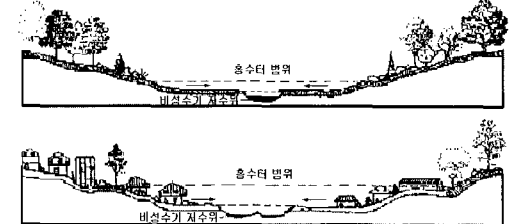
가. 물수지(Water Balance)



나. 하천유량(Stream Flow)



다. 하도지권의 열람



〈 도시화에 따른 수문학적 요소의 변화 〉

국내에서 도시화에 의한 수문학적 변화중 재해가 중요인에 대한 연구를 살펴보면 특히 각종 건물 및 도로 등의 건설로 콘크리트, 아스팔트 등에 의한 불투수성 면적이 증가하여 동일호우에 대해서도 홍수량 증가하는 등 도시화 현상은 국립방재연구소의 연구(2000)에 의하면 1ha(3,000평)이 개발되면 설계빈도 50년 호우에 대해 홍수량이 200톤 증가하는 것으로 나타났고, 한국지방행정연구원 연구(1993)에 의하면 서울지역에서 1ha가 개발되면 설

계빈도 30년 호우에 대해 110~140톤의 홍수량이 증가하는 것으로 조사된 바 있다.

2. 21세기 재해여건변화의 전망

1) 지구환경변화에 따른 거대화, 다양화

지구온난화로 대기권의 불안정이 가속화되어 국지성 집중호우와 사막화 현상이 가속될 것으로 예상된다. 따라서 과거에는 최소가치가 없었던 수자원 등 천연자원이 생활수준의 향상으로 소비량은 증가하였으나 자원의 한정성과 지역적 편중현상으로 부족하게 될 것으로 예측되며, 이에 따라 새로운 분쟁 원인으로 대두될 전망이다. 특히 최근의 국지성 집중호우는 과거 관측기록을 훨씬 상회하는 신기록을 해마다 수립하고 있는데, 우리 나라 과거 1시간 최대우량은 서울지방 118.6mm('42. 8. 5)이었으나 1998년 지리산 호우피해 당시 순천지방 145mm('98. 8. 1)가 관측되는가 하면, 3일 최대우량은 태풍 애그니스에 의해 해남지방 659.7mm('81. 9. 1~3)가 1999년 경기북부 호우피해 당시에는 파주 적성('99. 8. 1~3)에서 비공식적이지만 1,000mm를 초과한 것으로 조사된 바 있다.

2) 이데올로기 체제변화에 따른 안전개념 변화

과거 20세기에는 인명과 재산피해의 우려대상은 전쟁이었으나 이데올로기 체제의 붕괴로 인해 전쟁보다는 자연재해 및 인위재난 등에 대한 안전의 중요성이 강조될 전망이다. 특히 국민의 생활 및 의식수준 향상으로 국가에 대한 요구가 증대되고 안전에 대한 중요성이 대두될 것으로 예상된다.

이는 과거 정부주도 성장위주 국가운영에서 국내정세 및 국민의식에 따라 변화하는 다변적 국민주도 국가운영체제로의 전환될 것으로 예상되며, 생활 및 지식수준 향상에 따라 국민의식이 변화되어 과거에 비해 국가에 요구하는 수준이 고급화, 다양

화될 것이기 때문이다.

3) 전자통신 및 정보기술의 고도화

21세기에는 인공위성 및 초고속 인터넷을 활용한 전세계 정보 및 자료의 신속한 수집이 더욱 용이해질 것이기 때문에 재해에서 중요한 실시간 자료수집과 전송이 GIS 이용범위의 다양화와 정교화를 통해 일상생활에서 정착될 것으로 예상된다.

3. 도시형 수해원인별 대응방안

금번 서울지역 대규모 홍수피해의 원인은 무엇보다도 천재적인 요인으로 시우량 99.5mm의 집중호우가 발생하였다는 것인데, 금번 호우는 1917년 이후 관측된 강우관측기록중 3위권내에 해당하며, 3시간 강우로는 240mm를 초과하여 1위, 24시간 우량으로는 3위를 기록하였다.

그러나 피해의 유형별로 살펴보면 사전에 점검과 개선을 통해 피해를 줄일 수도 있었다는 아쉬운 점 또한 있었다고 판단된다.

1) 감전사고

우선 자동누전차단기 설치 가로등이 서울시 전체 가로등의 50%이하로 미흡하였다는 점과 배전반이 지상 0.5~1m 이내로 설치되어 침수에 의한 감전사고를 유발하였다는 것 또한 미흡한 점이였다. 이외에도 구조조정에 의한 전기직 등 전문인력 축소 및 유지관리 예산 부족 또한 피해의 간접적인 영향을 미쳤다고 판단된다.

이를 개선하기 위해 전원공급 인입선 자동차단 시스템 구성과 도심지 전체 가로등 시설의 누전자동차단기를 설치하는 동시에 배전반의 지역별 침수범위를 고려한 상향 설치가 현재 계획중이거나 시행중에 있다.

2) 지하철 침수

고속버스 터미널 주변 신규 개발공간의 지하공간 침수로 지하철에 침수가 가중되었다는 보도가 있었으나, 좀 더 기본적으로 방수문비를 설치하는 등의 적극적인 대안과 인근 환승통로 사전 점검 및 긴급 대응 계획이 있었으면 침수규모를 줄일 수도 있었을 것으로 생각된다.

이에 따라 도시유출량의 지하침수 방지를 위해 침수심별 대응을 위한 방수문비 설치방안을 강구할 필요가 있으며, 지하철역별 침수특성을 고려한 자동펌프시설의 보강과 자치단체 및 지하철 공사의 상황별 표준대응절차의 개발, 교육이 필요할 것으로 생각한다.

3) 저지대 침수

지역별 침수특성을 고려한 건축물 조성이 있었다면 지속적으로 증가하고 있는 저지대 지하 및 반지하 공간이 사전 점검이 이루어질 수 있다고 생각된다. 특히 지상 우수가 유입되지 않도록 차단 효과가 있는 방지턱 설치가 필요할 것이다. 또한 무분별한 하천복개 및 유출증가에 대비하지 않은 직상류부택지개발은 사전에 반드시 검토되어 규제할 필요가 있다.

따라서 향후에는 상류지역 유출량을 해당지역에서 저류 및 침투할 수 있는 시설 설치를 의무화할 필요가 있으며, 지하공간의 침수방지를 위한 소형수중펌프 설치의 제도화 및 재정 지원도 검토할 필요가 있다. 그리고 좀 더 근원적으로는 하천복개지역의 침수위험성 검토 및 복개공간 철거가 선행되어야 할 것이다. 이와 함께 최근 핸드폰과 인터넷을 이용한 실시간 예·경보 시스템의 확대, 설치를 통해 사전 주민 대피체계를 확립하고 각종 도심지 개발에 대해서는 소규모 시설에도 수방대책 검토를 의무화하여야 할 것이다.

4) 배수펌프장 운영

일선 지방자치단체의 경우 전문인력 부족으로 기능직 및 청원경찰 등을 활용하여 펌프장을 운영하고 있으며, 방재인력 부족으로 상황발생시 모든 상황에 대처하기에는 미흡한 부분에 대해 개선이 요구된다.

특히 과학적인 강우량 및 우수지 유입량을 예측하여 실시간적으로 유연하게 대처할 수 있는 펌프가동기준이 하루 빨리 개발, 적용되어야 할 것이다.

이를 위해 행정자치부에서는 국립방재연구소와 함께 실시간 상황감시 및 자동제어시스템 개발로 통합적인 펌프장 운영방안과 침수위험도별, 지역중요도별 펌프용량 보강방안 수립 및 대주민 홍보방안 및 침수위험별 상황의 신속한 전파를 위한 자동경보 및 통보시스템 보강 등을 연구하고 있거나 2002년도 연구과제로 채택할 계획을 가지고 있다.

그러나 이번 호우피해에서도 나타난 바와 같이 실제 펌프를 운영가동하였음에도 주민들이 이를 신뢰하지 않고 유언비어가 만발하는 등의 문제는 우리 모두가 다시 한번 되새겨볼 필요가 있다.

5) 하수도 역류 및 침수

현행 하수도 시설기준, 도로시설 및 하천설계기준 등 관련 기준이 상이함에 따라 별도로 설치, 운영되고 있어 연계성있는 합리적 도시호우대책이 조속한 시일내에 이루어질 필요가 있다.

따라서 현재 주변 개발여건 및 지역 호우특성과는 관련없이 일률적으로 5~10년의 설계빈도로 설치, 운영되고 있는 하수관거 설치 및 운영체계를 개선하여야 하는 노력과 함께 하수도에 쓰레기를 유기 또는 방치하는 결여된 주민의식 또한 개선되어야 할 것이다.

또한 우수가 직접 하수로 유하되지 않고 침투 및 저류될 수 있는 공간 개발 및 다목적 활용방안을 강구하고 해당 지역의 토지이용도와 향후 개발계획을

고려한 배수체계의 재검토 및 보강이 필요한 시점이다.

6) 동부간선도로 침수사고

사전 상황감시 및 대응 미흡으로 교통통제를 시행하지 못하여 사전 경보미흡으로 하천변 주차장의 차량대피가 지연된 것은 중소규모 하천에서의 홍수 예경보 체계가 아직까지 개발되지 못해 신속한 상황대처가 어려웠던 것이 요인일 것이다. 또한 간과해서는 안될 것이 동두천, 의정부 등 상류 유역의 대규모 개발사업에 따른 홍수위 증가현상임을 고려할 때 향후 중소규모 하천에서의 실시간 예경보 시스템 개발 및 운영과 하천부지의 저류공간 조성 등을 통해 수위저감효과를 거둘 수 있는 시설설치가 요망된다.

4. 결론

20세기 인위적인 요인에 의한 기상이변과 이에 따른 전례없는 대규모의 국지성 집중호우의 빈발과 지속적인 도시개발사업은 재해를 가중시키는 요인으로 대두되고 있고, 이에 따라 해마다 7천억원에 가까운 재해와 1조원이 넘는 복구비가 소요되는 현 시점에서 종래의 외수에 의한 수방대책만으로는 한계를 노정하고 있으며, 신종 홍수라고 볼 수 있는 도시홍수가 21세기 초입에 들어선 우리의 생명과 재산을 끊임없이 위협하고 있다.

이러한 시점에서 올해 서울지역 각종 홍수피해원인과 향후 개선대책을 다시 한번 요약한다면 다음과 같다.

1) 우수유출저감시설의 설치

우수를 지하 또는 지표면에 침투 또는 저류시킬 수 있는 우수유출저감시설은 국내에서는 아직까지 적극적으로 활용되고 있지 않으나 개발사업에 따른

유출증가량을 시설설치를 통해 저감하여 치수방재 뿐만 아니라 향후 우려되는 수자원의 함양과 수질 개선효과 거양 등 치수, 이수 및 환경적으로 매우 필요한 시설로 파악된다.

기존의 치수대책에 익숙한 사람들에게 있어서는 큰 의미가 없는 시설로 인식될 수도 있으나 우리나라와 같이 한정된 토지와 예산 및 일반인들의 방재 인식 부족 등은 대규모 댐이나 하천정비가 점점 더 어려워지게 하는 요소로서 작용할 것이며, 상류지역의 신속한 배수가 하류부의 수해가중요인으로 계속 대두되는 현 시점에서 과거의 치수대책만을 고집하기보다는 좀 더 근원적인 치수대책을 수립할 필요가 있다고 생각되며, 이러한 대책이 바로 우수유출저감시설이라고 파악된다.

이에 따라 행정자치부에서는 좀 더 실천가능한 대안으로서 이를 국내 적용하기 위한 기준과 제도적 장치를 마련하고자 장기적인 연구를 수행중에 있다. 특히 이러한 우수유출저감시설은 치수방재를 위한 근원적이면서도 경제적인 대책으로서 하수관거 확충을 통한 유역치수대책에 소요되는 비용에 비해 침투통 설치비용이 m당 150배의 경제성이 있다는 사실을 다시 한번 되새길 필요가 있다.

2) 실시간 홍수정보시스템 구축

최근 국내의 핸드폰 및 인터넷 활용능력은 전세계적으로도 전무할 정도로 선진국 수준으로 인정되고 있다. 이러한 특성을 신속한 정보전달체계가 바로 생명과 재산보호에 직결되는 방재분야에 좀 더 적극적으로 활용될 수 있어야 할 것으로 생각한다.

특히 도시 지역 주요 방재시설물인 하천제방, 교량, 하수도, 우수지 및 빗물펌프장 등에 적은 비용으로도 가능한 실시간 관측시스템을 설치, 운영한다면 현장이 아닌 사무실과 가정에서도 관할지역내 홍수정보를 수시로 확인할 수 있어 적절한 대응 및 대피 등의 대안이 마련될 수 있을 것으로 판단된다.

3) 사전 예경보체제 구축 및 대국민 계도

현재 행정자치부에서는 국립방재연구소와 함께 재해경보방송 시스템 도입을 위한 연구를 수행하고 있으며, 국립공원내 주요 지점에 우량경보시스템을 지속적으로 확대, 구축하고 있다. 향후 실시간 관측 시스템과 연동한 국가안전관리 시스템을 확충, 개발하여 위험지역의 주민 및 위락객에게 전달하는 시스템을 지속적으로 일선에 확대할 계획으로 운영 중에 있다.

그러나 무엇보다도 선행되어야 할 것은 주민의

안전의식이라고 생각하며, 국가가 보장할 수 있는 범위와 주민 스스로가 지켜야 할 자주의식의 범위가 확립되어야 할 것으로 생각한다. 홍수와 같은 자연재해를 천재로만 인식하고 어쩔 수 없이 당해야 한다는 소극적인 안전의식에서 노력 여하에 따라 피해를 최소화할 수 있다는 적극적인 안전의식이 필요한 시점에서 해마다 국가를 대상으로 무조건적인 보상, 배상을 요구하는 일부 주민들에 의해 훼손된다는 생각이 일선 재해대책업무를 담당하고 있는 사람만의 생각은 아닌 것 같다.

