2011년 7월 수도권 집중호우의 교훈

김 현 준 ▸▸▸
한국건설기술연구원 수자원연구실 연구위원
hjkim@kict.re.kr

1. 피해 현황

국립방재연구소(2005)[1]에 의하면 홍수로 인한 도시 내 상습수해지구는 전국적으로 719개소(2003년 12월 기준)이며 이중 내수침수로 인한 피해가 73%에 달한다고 한다. 내수침수의 원인으로 지형적인 저지대문제(22%), 배수능력부족(14%), 하수역류 및 노면배수(13%), 하수관거 용량부족(11%) 등이 지적되었으며 외수침수의 원인은 홍수위보다 낮은 제방고에 의한 하천범람(74%), 미정비하천에 의한 하천범람(12%) 등으로 조사되었다.

또 다른 조사에 의하면, 최근 30년간의 강우자료를 분석한 결과 일 80mm 이상의 집중호우 일 수는 1.5배 증가한 것으로 조사되었다(14개 계측지점 누적호우, '77~'86: 26일 → '97~'06: 40일). 이로 인하여 연평균 재산피해가 증가하고 피해규모가 점차 대형화하고 있는 추세이다(소방방재청, 2007)[2].

서울은 2010년 9월 21일의 기록적인 폭우(5시간 동안 240mm)에 이어서 이번 호우(2011. 7. 26~28)에서도 새로운 기록을 경신하였다. 3일간의 누가 강우량은 587.5mm 로써 1907년 관측이래 최대값을 기록하였다. 특히 27일은 서울지역 AWS중 1시간 최다 강수량이 100mm 가 넘는 지점이 3개 지점이나 되었고, 89%의 지점이 시간당 50 mm 이상의 강우를 기록하였다.

이와 같은 기록적인 폭우는 도심 주요 지역의 침수로 이어졌고, 우면산의 산사태는 인명과 재산 피해를 가중시켰다. 또한 올림픽대로, 강변북로, 동부간선도로 등 서울시 주요 간선도로가 불어난 한강물로 침수되어 출근길에 어려움을 겪었으며 수백대의 차량이 물에 침수되었다. 경기 북부의 동두천시는 하천수위의 상승으로 내수배제가 안되어 침수피해를 입었으며, 팔당댐으로 유입되는 경안천은 일부 제방 구간을 월류하는 범람이 발생하였다.

소방방재청의 발표에 의하면 이번 집중호우로 인한 피해(7.26~7.29)는 사망 60명, 실종 5명 및 부상 55명으로 집계되었으며, 공공시설 피해는 4,659억원, 사유시설 3,425억원 등 8,084억원의 피해가 있었다. 특히, 서울특별시와 경기도에서 각기 22명, 30명(실종 5명)의 사망자와 39명, 10명의 부상자가 발생하여 피해가 집중되었음을 알 수 있다. 공공시설의 피해액은 경기도가 전체 피해액의 80%인 3,711억원에 달하였고, 사유시설에 있어서도 경기도 피해액이

1) 국립방재연구소, 2005, 상습수해지역 해소대책 방안 연구
2) 소방방재청, 2007, 신국가방재시스템백서

전체의 83%를 차지하였다.

강우 현황

7월 26일~27일 서울을 포함한 중부 일원에 내린 호우는 중심은 비교적 좁은 지역에 3~6시간 정도 연속적으로 비가 집중되었다는 특징을 가지고 있다. 일반적으로 지속기간이 길어질 경우 재현기간은 감소하는 경향이 많은데 이번 호우의 경우는 지속기간의 증가에 따라 재현기간도 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 이번 호우가 강우강도는 물론 강우의 총량도 매우 기록적이었다는 것을 의미하고 과거 사례를 통해 볼 때 매우 이례적인 경우라고 판단할 수 있다. 빈도분석 결과, 서울의 경우 강남지역은 강북지역에 비해 강우강도 및 총강우량이 커서 짧은 지속기간에서 큰 재현기간을 보였고 지속기간 증가에 따른 재현기간의 증가 기울기가 크게 나타났다.

홍수 현황

한강 및 임진강 유역의 수위예보 지점 중에서 왕숙천 퇴계원, 중랑천 중랑교, 탄천 성남, 임진강 전곡, 임진강 적성, 한강대교 등 6개 지점에 홍수주의보가 발령되었고, 이중 퇴계원과 전곡 등 두 지점은 홍수경보가 발령되었다.

소양강댐은 27일부터 초당 1500 ㎥를 방류하여 수위조절을 하였는데, 2006년 7월 이후 5년만의 방류이었다. 팔당댐은 초당 최대 17,940 ㎥를 방류하여 팔당대교, 잠수교, 한강대교, 행주대교는 7월 27일 오전부터 7월 28일 오전까지 첨두수위에 준하는 높은 수위를 유지하였다. 임진강의 군남댐은 최대 5,524 ㎥/s를 방류하였다.

서울 도심지 침수

서울 도심지 침수의 주요 원인은 지역의 강우특성에 따라 차이를 보이고 있지만 관거의 통수능 부족으로 인해 원활한 우수배제가 어려웠다는 점과 피해지역 대부분의 지형이 주변보다 낮은 저지대라는 점에서 주변 고지대로부터 다량의 노면수가 유입됨으로써 침수피해가 가중된 것으로 나타났다. 또한 동작구와 서초구의 경우 우면산 산사태로 인해 유입된 토사로 인해 배수로 불능이 침수피해를 더하였으며, 빗물받이 부족으로 인해 우수가 관거로의 유입이 지연되었다는 점을 들 수 있다. 인근 하천의 수위상승으로 인한 배수기능 저하 등으로 인해 우수관의 역류 발생도 요인으로 작용하였다. 무엇보다도 강남일대의 경우 도시화로 인해 불투수면적이 증가함에 따라 땅속으로 침투가 되지 않은 강우의 저지대로의 집중 및 첨두시간이 짧아짐에 따라 저지대의 침수피해가 크게 발생하였다.

한강변 간선도로 침수

서울시 교통의 주요 축인 올림픽대로, 강변북로, 동부간선도로 등 주요 간선도로는 통제수위에 도달하거나 실제로 도로 침수 발생시에 교통통제가 이루어지고 있다. 이번 집중호우로 올림픽대로는 한강철교 하부구간, 노들길과 여의도 63빌딩을 잇는 여의상류 일대, 여의하류IC 하부도로, 방화대교와 행주대교 사이 일부 차로와 탄천주차장 진입부가 침수되었고, 강변북로는 한강철교 하부구간, 동부간선도로는 월계지하차도, 내부순환도로 성동JC 부근, 서부간선도로 안양 방향 하부도로, 우면삼거리 일대 남부순환도로 등이 침수되었다.

중소하천의 범람

경안천 본류 수위의 증가와 함께 곤지암천의 수위도 증가하여 합류부 곤지암천 양안에서 범람 피해가 발생하였다. 기본적으로 홍수위 상승에 의한 범람 피해이나, 일부 지역에서는 제방 또는 파라펫이 설치되어 있지 않아 피해 범위가 증가하였다. 경안천 하류의 목현천 합류부 부근은 소하천 합류점에 위치한 배수암거를 통하여 흐름이 역류하는 범람피해가 있었다.

산사태 및 토석류 발생

집중 강우로 인해 크고 작은 산사태가 발생하였다. 특히 서울 우면산 일대에서 발생한 산사태는 많은 인명피해가 발생하였다. 우면산 일대에서 발생된 산사태는 토석류 형태로 발생되어 그 피해정도가 매우 크게 나타났다. 토석류는 총 13곳에서 발생되었으며, 이 중 가장 큰 피해는 남부순환로 아파트(사망 3명), 형촌마을(사망 1명), 남태령 전원마을(사망 6명) 등지에서 발생하였다. 춘천시 천전리에서도 대규모 산사태가 발생하여 13명의 사망 사고가 발생하였으며 포천시에서는 기산리, 금동리, 심곡리 등지에 붕괴토사가 가옥을 덮쳐서 7명이 사망하였다.

2. 홍수와 함께 사는 지혜

최근 발생하는 이상홍수에 대비하기 위해서는 다양한 대책을 강구할 필요가 있다. 이재준(2009)[3]은 국내의 홍수방어 관련기술은 주로 구조적 요소기술에 치중이 되어 상당한 수준에 도달해 있는 반면, 비구조적인 홍수대응기술의 체계화 및 효율적 적용을 비롯한 효율적인 홍수방어를 위한 구조적/비구조적 대책의 연계대응 기술에 대한 연구는 미흡하다고 지적하였다. 이상기후, 집중호우와 홍수 범람 피해를 최소화하기 위해서는 현재와 같은 구조적 치수대책만으로는 홍수피해방지에 한계가 있으므로, 홍수유형변화에 대비한 유역종합치수대책 수립과 시행을 위해 구조적 대책과 비구조적 대책을 서로 연계한 종합시스템과 통합기술이 요구된다고 하였다.

김상욱(2010)[4]은 "도시지역 침수피해방지 대책의 법적 개선과제"로 ① 관련 법규정의 정비를 통해 도시계획 단계에서부터 침수피해를 방지할 수 있도록 하는 세부적 사항을 규정, ② 각각의 개별법에 의해 수립되는 각종 법정계획을 통합 · 연계, ③ 다양한 강우시나리오를 이용한 침수예상지도를 마련. ④ 원천기술의 확보가 미흡한 만큼 이에 대해 지속적으로 연구하되, 연구결과를 이용하여 실제적인 침수피해방지에 활용, ⑤ 관련된 법정계획들을 통합하여 수립할 수 있도록 하는 신규법률의 제정 등을 제안한 바 있다.

홍수 대응을 위해서는 구조물적, 비구조물적 대책 모두 적절히 수립되어야 한다는 것이 그동안 전문가들과 정부종합대책의 한결같은 지적이다. 그 동안 제시된 전문가들의 정책제안을 다음과 같이 정리하였다.

홍수 대응을 위해서 과감한 투자와 시설기준 상향이 필요하다.

기상이변으로 인한 피해가 점점 빈번해지고 피해규모가 커지는 것을 고려하여 재해대응 및 저감을 위한 과감한 인프라 투자와 시설기준의 강화가 필요한 시점이다. 시대에 따라 사회적 대응 능력이 변해야 한다. 사회의 경제적 수준과 안전에 대한 수요에 맞추어 주요시설의 피해를 최소화하기 위한 홍수대응 능력을 갖추어야 한다. 인프라 투자 시에는 우수관거 개량, 빗물관리시설, 지하저류조 등 여러 대안들에 대한 기술적 평가와 함께 경제성 평가도 병행되어야 한다.

상습침수지역에 대한 특별대책이 필요하다.

도시화 및 집중호우 등으로 침수피해가 빈번한 상습침수지역을 특별관리지역으로 지정하고, 일정규모 이상의 신규 건축물, 포장 등에 대하여는 우수 저류 또는 침투시설 설치를 의무화하여야 한다. 2007년 건설교통부는 "특정도시하천유역 침수피해방지 대책법률"을 제정하고자 하였으나 입법예고에만 그쳤다.

3) 이재준, 2009, 도시홍수피해의 저감방안, 춘천국제물포럼2009

4) 김상욱, 2010, 도시지역 침수피해 예방을 위한 제도적 개선 방안, 이슈와 논점 제125호, 국회입법조사처

일본은 도시지역 침수가 빈발함에 따라 2003년 건설성에서 "특정도시하천 침수대책법"을 제정하여 중앙정부차원에서 계획수립과 예산을 지원하고 있다. 하천, 하수도, 빗물펌프장, 저류지, 우수유출저감시설 등을 종합적으로 연계한 치수대책 수립이 기본적으로 계획되어야 한다. 시민들의 왕래가 빈번하고 교통량이 집중되는 주요 저지대에 대해서는 긴급 배수가 가능하도록 설계기준을 특별 적용하여 배수체계를 정비할 필요가 있다.

홍수량 할당제도가 적극 도입되어야 한다.

2006년도부터 하천법에 홍수량할당제가 도입되며 기존의 하도 중심에서 유역단위 하천관리정책으로의 전환이 모색되고 있다. 이 제도는 홍수로 인한 하류부의 유량부하 증가로 가중되는 홍수피해를 개선하기 위하여 홍수량을 유역 전체에 적절히 분담토록 하는 홍수대응책이다. 서울시와 같은 도시하천에서도 유역내에서 침수를 최소화하며 저류할 수 있는 홍수량 할당제 도입이 필요하다.

일본은 대도시의 내수를 배제하기 위한 대규모 지하방수로 사업을 추진하고 있다. 도쿄 외곽 사이타마현 지하 50m엔 직경 10m, 길이 6.3㎞나 되는 홍수 대비용 지하방수로가 13년 공사 끝에 2006년 건설되었으며, 도쿄 도심을 가로지르는 간다가와(神田川)에도 지하 저류지가 설치되었다. 간선도로 지하에 설치된 터널로 집중 호우 때 54만㎥의 물을 저장할 수 있다.

국내에서도 2010년 9월 21일 서울 등 수도권 지역에 5시간에 240 mm의 집중호우가 발생하여 14명의 인명피해와 3,436억 원의 재산 피해가 발생한 이후로 광화문 지역의 우수관을 개량하고 지하방수로를 설치하는 사업이 진행되고 있다. 또한 서울시와 일부 지자체에서는 다수의 빗물저류조를 설치하여 홍수조절에 효과를 보고 있다.

도시계획수립 단계에서부터 빗물관리시설이 고려되어야 한다.

도시개발에 따른 불투수층 증가 등으로 호우시 빗물유출이 급격히 증가함에 따라 도시지역 수해방지를 위한 빗물관리시설 도입을 적극 추진하여야 한다. 광역도시계획, 도시기본계획 수립시 홍수방어 능력 제고를 위한 빗물관리시설이 적극 도입되어야 한다. 재개발, 재건축 등 도시주거환경개선 사업 시에도 적극적 빗물관리가 도입되어야 한다. 대형건물 및 공공시설물에 적용되고 있는 빗물관리시설을 확대하여 모든 건물과 주택에서 일정 규모까지의 강우량을 저류할 수 있는 시설을 제도적으로 도입하고, 도로 등의 불투수성 재료는 점진적으로 투수성 포장 재료를 활용하도록 규제를 강화할 필요가 있다.

수문 모니터링 및 홍수예경보체계가 강화되어야 한다.

비구조적 대책으로 홍수예경보시스템을 구축하여 홍수에 대비할 수 있도록 해야 한다. 집중호우로 의한 홍수에 대해서 사전에 정보를 제공함으로써 피해를 최소화할 수 있으며 이에 대한 교육과 훈련을 통해 주민의식을 고취시켜야 한다.

현재 수행되고 있는 지점 중심의 홍수예경보 체제와 병행하여 공간적인 홍수예경보 체제를 도입할 필요가 있다. 홍수예보 지점의 수위를 예측하고 이에 준하여 주변지역의 홍수방어계획과 대피를 준비하고 있다. 선진 외국에서는 공간적 홍수예보를 이미 도입하여 적용하고 있다. 이를 위해서는 고도의 홍수예보 기술이 필요하며 홍수예보를 위한 레이다 장비를 지속적으로 확충하고, 기상위성과 같은 첨단장비에 의한 강우예측정보를 충분히 활용하여 예측정보의 신뢰도를 높여가야 한다.

사전예고형 교통통제방식으로 간선도로 침수에 대비하여야 한다.

서울, 부산, 대구, 대전, 광주 등 대도시 및 지방의 중소도시를 관류하는 하천에는 거의 예외 없이 하천

의 고수부지나 하천변을 도로로 이용하고 있다. 이와 같은 도로에는 사전 예보장치가 없이 통제수위에 도달하거나 도로 침수 발생시에 교통통제가 이루어지고 있는 형편이다. 금번과 같은 간선도로 차량침수피해의 재발 방지를 위해서는 사전예고형 교통통제방식으로 전환해야 한다.

통제예고수위를 과학적으로 설정하여 수위에 따른 단계적 통제대책을 메뉴얼화하고 방송매체, 인터넷 등을 통해 사전에 수위상황을 알리고 통제수위에 도달시 침수예상지역 통제 및 회차 조치를 통하여 시민불편을 최소화하는 선제적 대응 방안을 수립하여야 한다.

정부의 종합대책이 지속적으로 실행에 옮겨져야 한다.

지난 15년간 세 차례에 걸쳐서 정부차원의 종합적인 수해방지종합대책이 수립되었다. 이번 집중호우를 계기로 국무총리실에 재해대책T/F 팀(총리실, 2011. 8. 8)을 한시적으로 구성하여 범정부차원의 종합대책을 준비하고 있다. 이는 대통령의 특별지시사항으로 기존의 재난방재시스템은 한계에 이르렀으며 기후변화 시대에 맞춘 새로운 재난 기준과 종합적이고 장기적인 대응을 위한 것이다. 구체적으로 국가안전 방재시스템을 종합적으로 점검하고, 안전과 방재기준을 강화하며, 방재 관련 기관들의 상호협력 체계를 유기적으로 구축하고, 기후변화로 인한 방재 시나리오를 다양하게 마련하는 것을 추진하고 있다. 재해대책 T/F 팀의 합리적이고 선제적 대응이 가능한 대책의 수립과 사업의 지속적인 추진을 기대하여 본다.

마지막으로 홍수와 더불어 사는 지혜를 모아야 한다.

모든 홍수를 완벽히 방어할 수는 없다. 사회 규모가 커짐에 따라서 중요 시설에 대한 선택적 방어가 필요하다. 부득이한 경우, 일정 수준 이상의 홍수에 대해서는 피해를 감수하되 인명 및 재산피해를 최소화하는 시스템이 필요하다. 이를 위해서 첨단기술을 이용한 홍수예경보 시스템과 하천 및 배수시설의 관리도 중요하지만, 주민들이 홍수를 바라보는 인식을 높이고 홍수대응에 적극 참여할 수 있도록 유도할 수 있는 교육프로그램이 도입되어야 한다.

홍수와의 줄다리기는 끝이 없는 경쟁이다. 영원한 승자도 영원한 패자도 없다. 우리가 홍수방어에 조금이라도 빈틈을 준다면 홍수와의 경쟁에서 뒤쳐질 수밖에 없고, 그 결과는 대규모의 피해로 나타난다. 안심도 금물이지만 방심은 더욱 있어서는 안 된다. 홍수와 더불어 지내야 할 수 밖에 없음을 인식하고 이를 슬기롭게 대처하는 지혜를 모아야 할 것이다.

최근 15년간의 주요 수해방지종합대책

□ 수해방지대종합대책백서(대통령 비서실, 수해방지대책기획단, 1999)
- 119개의 실천과제 제시
- 사전예방을 위한 제도개선 제안
- 하천유역별종합치수대책 등 47개 예방사업에 향후 10년간(2000~2009) 24조원을 투입하여 정비
- 개발계획 수립단계부터 방재사전심의제도를 도입 적용
- 하천유역관리위원회 설치 등 8개 조직을 정비

□ 수해방지대책백서(국무총리실, 수해방지대책기획단, 2003)
- 홍수예측 등 사전예방시스템 구축 강화로 홍수 발생 최소화
- 신속 철저한 복구체계 확립으로 동일지역의 수해 재발을 억제
- 중앙 및 지방정부와 국민들의 역할분담으로 범정부적 수해대응체계 강화
- 향후 9년간(2003~2011년) 76개 추진과제에 총 42조 7,900억 원 투입
- 하천정비율을 72.3%에서 100% 달성
- 하천홍수방어능력을 100년 빈도에서 200년 빈도로 상향

□ 신국가방재시스템백서(소방방재청, 2007)
- "후진적 반복 · 상습재해구조혁신"을 목표로 설정
- 6대 핵심 전략과제와 137개의 세부 실천과제 도출
  (6대 핵심전략: 방재시설관리시스템 선진화 계획, 예방투자 확대, 반복재해 차단예방 복구제도화, 과학방재체제강화, 통합적 재난관리체계 개편, 자율 · 책임형 방재역량 증강)
- 반복 재해차단을 위해 종전의 단순복구에서 예방복구로의 과감한 전환