

집중호우에 의한 도심 내수 침수피해 조사 -서울특별시 강남일대를 중심으로-



최시중 >>>

한국건설기술연구원 수자원연구실 전임연구원
sjchoi@kict.re.kr



강성규 >>>

한국건설기술연구원 수자원연구실 전임연구원
skkang@kict.re.kr



한상중 >>>

한국건설기술연구원 건설환경연구실 전임연구원
sjhan@kict.re.kr



이동불 >>>

한국건설기술연구원 수자원연구실 연구위원
dryi@kict.re.kr

를 초과하면 얼마나 심각한 피해를 야기하는지를 일깨워 주었다. 특히, 대한민국 경제의 심장인 강남일대 사상최대의 침수사건은 원활한 도시기능확보를 위하여 침수 리스크에 대한 경각심을 일깨우는 계기가 되었다.

그동안 서울특별시 하수도 배수체계는 간선은 10년빈도, 지선은 5년빈도로 매설되어 유지되어 왔으나 최근 이상기후로 인한 국지성 강우가 지속됨에 따라 설계기준을 상향할 필요성을 인식하고 간선관거의 경우 30년 빈도, 지선관거의 경우 10년 빈도로 상향조정하였으며 신설 및 개·보수관거에 우선 적용하도록 하였다. 또한 펌프장 증설계획을 수립하고 우선순위 평가에 따라 시급성을 요하는 34개소 펌프장에 대해서 1~3단계로 나누어 시행토록 하였다(서울특별시 하수도정비기본계획(변경) 보고서, 2009년). 한편 2010년 9월 22일 집중호우에 따른 종로구 광화문 일대의 침수피해사건은 하수도 정책변경의 상징적인 역할을 담당하여 기존의 빗물관리계획에 포함되어 있던 빗물 저류조나 배수펌프장 확장만으로는 서울시 배수체계의 구조적인 문제를 해결하는데 한계에 다다른 것으로 인식하여 “대심도 지하저류조”를 계획·신설하기에 이르렀다.

서울특별시가 내수 침수 피해를 방지하기 위해 노력하는 과정에서 최근 2011년 7월 27일 오전 6시~9시까지 발생한 집중호우는 강남일대에 강타하여 AWS 관측값 기준으로 관악 203mm, 서초 162mm, 강남 143mm를 기록함으로써 많은 피해를 입게 되었다.

1. 서론

지난 2011년 7월 26~27일 서울 관악·서초·강남일대에 내린 국지성 폭우는 단기적 강우강도의 세기가 클 뿐 아니라 비교적 긴 지속기간을 기록하는 형태를 보여서, 그간의 사회기반시설의 설계 수용치

따라서 금번 강우로 인하여 발생된 강남지역별 도심 내수 침수피해현황과 하수관거의 통수능력과 관련하여 침수발생원인을 진단해보고 향후 해결방향을 고찰해보고자 한다.

2. 강우특성

기상청 보고자료에 의하면 북태평양고기압의 가장 자리를 따라 강한 남서풍을 타고 유입된 따뜻하고 습한 공기가 대기 중·하층에 위치한 건조한 공기에 부딪치면서 대기불안정이 강화되었고, 우리나라 북동쪽 사할린 부근에 저지고기압으로 인해 기압계의 흐름이 정체되어, 7월 26일~27일에 서울특별시 지역에 집중호우가 발생하였다. 강남일대의 기상청 AWS의 강우자료를 이용하여 분석한 결과 이 기간에 내린 총 강우량은 서초구의 374.5mm부터 동작구의 507.5mm로 지역별로 차이를 보이고 있으며 특히 동

작구와 관악구의 경우 시간당 최대 112.5mm, 110mm의 비가 내린 것으로 조사되었다. 그림 1 ~ 그림 4는 강남일대의 우량주상도와 누가우량곡선을 나타낸 것이며 표 1은 강남일대의 지속기간별 강우량과 확률빈도를 분석한 결과를 나타내었다.

강남구의 경우 1시간 지속강우는 71mm로 10년 빈도로 산정되었으며, 30년 빈도를 상회하는 지속기간은 6~48시간으로 나타났고 이는 최근 계획된 설계빈도를 초과하는 강우로 분석되었다. 서초구는 3시간 이상 강우지속기간의 경우 30년 빈도를 초과하는 것으로 분석되었으며 단기간에 집중호우가 발생한 동작구와 관악구의 경우 1시간 강우량이 80년 빈도에 해당하며, 2시간 이상 지속기간의 강우량은 200년 빈도 확률강우량을 상회하는 것으로 분석되었다. 분석 결과 금번에 발생한 집중호우에 대처하기에는 서울특별시 관거 및 빗물펌프장 등의 시설용량으로는 어려웠다고 말할 수 있다.

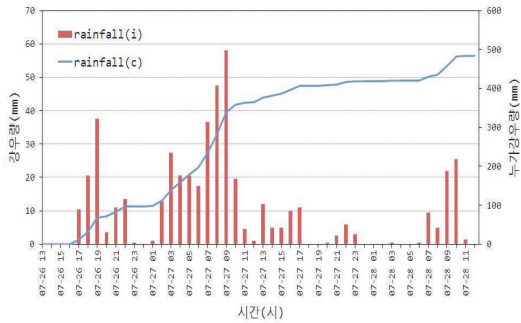


그림 1. 강남구 강우량

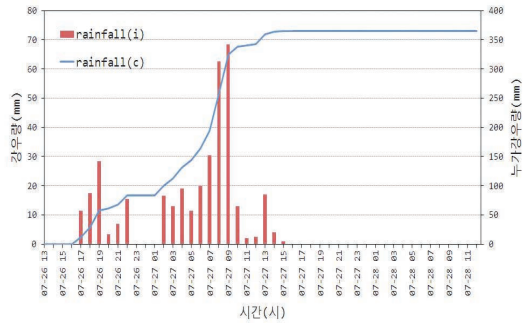


그림 2. 서초구 강우량

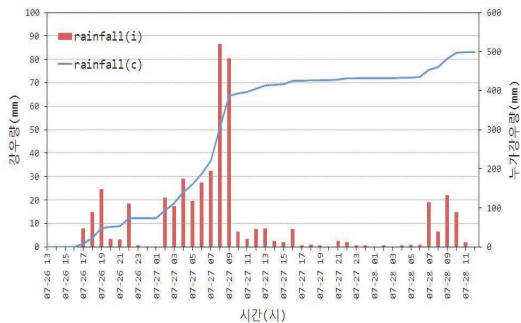


그림 3. 동작구 강우량

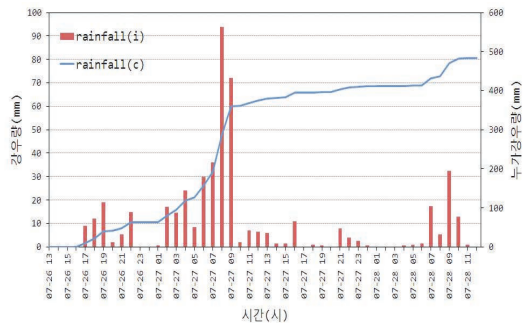


그림 4. 관악구 강우량

3. 서울특별시 강남일대 침수피해

2011년 7월 26~27일 서울전역에 내린 기습적인 폭우로 인해 서울지역 일대의 저지대 지하주택, 상가 및 도로침수가 발생하여 많은 시민들이 어려움을 겪었으며 엄청난 재산피해가 발생하였다. 서울특별시청 하천관리과에서 2011년 8월 1일 잠정 집계한 홍수피해 결과를 살펴보면 62명의 인명피해가 발생하였으며, 980명의 이재민, 19,215건의 주택침수가 발생한 것으로 조사되어 지난 2010년 추석 때 발생한 침수피해보다 컸던 것으로 조사되었다. 이 중에서 동작구의 경우 2,189건, 관악구 3,152건, 서초구 2,428건, 강남구 1,830건으로 서울특별시의 주택침수 중 50%에 해당하는 피해가 강남일대 4개의 구에서 발생한 것으로 나타났다. 특히 산사태가 발생한 서초구의 경우 다른 지역에 비해 피해가 컸던 것으로 나타났다. 또한, 강남일대의 경우 강남역 사거리, 사당역 사거리, 방배역 및 신대방역 일대 등에서 도로침수가 발생하여 도시기능을 순식간에 마비시킬 정도의 큰 피해가 속출한 것으로 나타났다.

금번 침수피해의 주요 원인은 지역마다 강우특성의 차이를 보이고 있지만 현재 매설되어 있는 관거의 용량을 초과한 즉, 설계기준을 초과한 강우가 내렸다는 점이다. 그림 5는 서울특별시가 상향조정된 설계기준인 30년 빈도의 강우에 대해 우수를 배수시킬 수 있는 통수능이 부족한 관거를 나타낸 것이다. 그림 5와 같이 서울특별시 전역에 통수능 부족 관거가 산재

해 있다는 점을 고려해 볼 때, 금번 집중호우 시 원활한 우수배제가 어려웠다는 점과 피해지역 대부분이 지형학적으로 주변보다 낮은 저지대라는 점에서 주변 고지대에서 다량의 노면수가 유입됨으로써 침수 피해가 발생한 것으로 나타났다. 동작구와 서초구의 경우 우면산 산사태로 인해 유입된 토사로 인해 배수로 불능이 침수피해를 가중시켰으며, 빗물받이 부족으로 인해 우수가 관거로의 유입이 지연되었다는 점도 원인이라 할 수 있겠다. 인근 하천의 수위상승으로 인한 배수기능 저하 등으로 인해 하수 역류 발생도 요인으로 작용하였다. 또한 무엇보다도 강남일대의 경우 급속한 도시화로 인해 불투수면적이 증가함에 따라 땅속으로 침투가 되지 않은 강우의 저지대로의 집중 및 침투시간이 짧아짐에 따라 저지대의 침수피해가 가중된 것으로 판단된다.



[자료출처 : 서울특별시 하수도정비기본계획(변경) 보고서]
그림 5. 통수능 부족관거 추이

표 1. 강남일대 강우량자료의 빈도분석

대상지점		지속시간(분)								
		60	120	180	240	360	540	720	1440	2880
강남구	강우량	71	105.5	143	162.5	210	262	280.5	406.5	491
	빈도	10	10	20	30	50	100	100	200 이상	200 이상
서초구	강우량	85.5	131	161.5	181.5	214	254.5	277	364.5	374.5
	빈도	20	30	50	50	70	80	80	80	50
동작구	강우량	112.5	167.5	199.5	236.5	278	320.5	339.5	425	507.5
	빈도	80	200이상	200이상	200이상	200이상	200이상	200이상	200이상	200이상
관악구	강우량	110	173.5	203	236	268	298.5	317.5	394.5	492.5
	빈도	80	200이상	200이상	200이상	200이상	200이상	200이상	100	200이상

3.1 강남일대 피해 현황 및 원인 분석

강남일대는 주택, 상가 및 도로 침수 등의 피해를 입은 지역들이 산재해 있으나 우선적으로 언론매체의 보도자료 및 관찰구청에서 지정해준 주요 피해지역에 대한 현장조사 및 주민탐문조사를 수행하여 피해현황 및 원인을 분석하였다. 강남일대 주요 홍수피해 지역으로 강남역 일대, 테헤란로, 대치역 사거리, 방배역 및 내방역 일대, 사당역 일대 및 신대방역과 신림동 일대에 대한 현장조사를 수행하였다.

강남역, 테헤란로 및 대치역 일대는 저지대 상습침수구역으로서 주변 도심노면에 비해 고도가 낮다. 따라서 하수관의 통수능력을 초과하는 집중강우가 내리거나 노면배수가 불량하게 되면 정상적으로 하수관 경로에 따라 우수가 배제될 수 없으며 주변의 둘러싼 고지대에서 노면을 따라 빗물이 모여들어오게 됨으로서 더욱 피해가 가중될 수 있는 구조이다. 집중호우 시 도로 경사면에 설치된 빗물받이에 우수유입이 어렵기 때문에 피해지역으로 유입된 다량의 노면수로 인한 하수관거의 통수능력 초과로 동수두선이 만관수위를 넘어 맨홀을 통해 하수가 역류하는 상태가 발생하여 침수피해를 가중시켰다. 특히 대치역 사거리 일대의 경우 대치역에서 대치 빗물펌프장으로 향하는 간선관거의 단면축소로 인해 우수 배제가 원활하지 못하며 심각한 곡관로로서 수도손실이 크기 때문에 하수관거의 통수능력을 방해한다는 문제점을 가지고 있다. 현재 대치역 사거리 일대는 침수방지시설공사가 진행 중인 가운

데 침수피해를 당하게 되었다(그림 6).

방배역 및 내방역 일대는 도로, 주변상가 및 저지대 주택 침수피해가 발생하였으며, 설계기준을 초과하는 강우 발생에 의한 하수관거 용량부족 뿐만 아니라 금번 집중호우 시 우면산의 토사가 유입되어 하수관거의 통수능력을 심각하게 마비시켜 내수침수를 가중시켰다. 또한 주위에 고지대가 많아 노면수 및 계곡수가 빗물받이로 유입되지 않고 피해지역으로 집중되면서 침수 피해가 발생한 것으로 조사되었다(그림 7). 사당역 일대는 주변지역에 비해 저지대로서 집중호우 시 인근의 관악산, 우면산 및 남현동으로부터 유출수가 지표면을 따라 침수피해 지역으로 집중되는 구조를 가지고 있다. 금번 집중호우 시 지표면 유출수 뿐만 아니라 관거의 설계용량을 초과하여 배제되지 못한 유출수 등이 피해지역으로 유입되면서 침수피해가 발생하였다. 또한 복개하천인 사당천의 수위상승으로 인한 배수효과로 하수가 역류함으로써 침수피해를 가중시켰다. 이 지역은 방재대책으로 빗물펌프장이나 우수지를 추가로 건립할 필요성이 제기된 바 있으며 현재 사당역 ~ 이수역 구간의 사당천 단면확대, 남현동 빗물저류조 및 강남순환고속화도로 사당 IC 빗물저류조 구축사업에 대한 기본 및 실시설계 발주가 진행된 상태이다.

금번 집중강우 시 신림동의 저지대는 승용차가 잠길 정도로 침수피해가 심각하였다. 현지탐문결과 설계빈도를 초과하는 강우로 인한 하수관거 통수능력 부족뿐만 아니라 관악구 도림천이 범람하여 신림/신대방역 일대의 침수피해를 가중한 것으로 판단되었



[자료출처 : 대치역 국민은행 제공]
그림 6. 대치역 사거리 침수현황



[자료출처 : 내방역 하나은행 제공]
그림 7. 내방역 사거리 침수현황



그림 8. 신대방역 사거리 도로붕괴

다. 신대방역 사거리에 발생한 도림천의 수위상승의 영향으로 하수관 맨홀의 하수 역류 및 하수관 불량지역으로 추정되는 곳에서 수압을 이기지 못해 상부도로가 휘어져 올라온 일련의 사태가 발생하여 도로통제가 이루어졌다(그림 8).

4. 결론 및 고찰

지난 2011년 7월 26일, 27일 이틀간 서울특별시에 내린 집중호우로 인해 많은 침수피해가 발생하였다. 특히, 경제의 심장인 강남일대에 강우가 포화됨으로써 출근길 대란, 도로 및 상가 침수 등 막대한 사회·경제적 피해를 입게 되었다. 이 기간 동안 내린 강우에 대해 통계분석을 수행한 결과 하수관거 시설용량을 초과하는 강우가 침수피해의 주요 원인으로 분석되었다. 하지만 금번 집중호우로 인해 피해를 입은 지역의 대부분이 2010년 9월 집중호우로 인한 침수피해지역과 유사하다는 점에서 침수 방지를 위한 노력의 절실함을 일깨워주고 있다. 2010년 9월 도심 내수 침수피해와 금번 침수피해로 인해 현재 서울특별시의 하수관로 용량, 빗물펌프장 및 저류조 등의 시설로는 극한강우에 대처하지 못한다는 한계점을 나타내며, 새로운 침수방지대책의 필요성이 제기되고 있다.

참고문헌

1. 서울특별시(2009), 서울특별시 하수도정비기본계획(변경) 보고서.

침수피해를 줄이기 위한 구조적 대책으로 관거 개량을 통해 통수능이 부족한 관거의 용량을 증대시킬 필요가 있으며 관거내의 토사 및 침전물 제거와 같은 지속적인 유지관리를 통해 통수능을 확보해야 한다. 내수배제가 곤란한 지역의 경우 빗물펌프장을 신설, 증설함으로써 침수피해를 저감시킬 수 있고, 부지확보가 가능한 지역에 빗물저류조 등을 설치하여 집중호우로 인해 발생하는 홍수량을 일부 저류시킬 필요가 있다. 대심도 하수터널을 설치함으로써 보다 안전한 곳으로 우수를 우회시키는 방안도 검토해 볼만한 사항이다. 또한 침수피해 지역이 대부분 저지대로서 주변의 고지대로부터 다량의 노면수가 유입되어 피해가 발생하였다는 점을 감안한다면 빗물받이의 증설 및 개선을 통해 노면수의 직접적인 유입을 저감시키고 관거로 유입될 수 있도록 하는 것도 하나의 방안이라 할 수 있겠다. 지하상가 및 주택의 경우 우수유입으로 인한 침수방지를 위해 유입차단시설과 역류방지시설을 설치하고 간이펌프를 설치함으로써 침수피해를 저감시킬 수 있을 것이다.

비구조적 대책으로는 홍수에경보시스템을 구축하여 홍수에 대비할 수 있도록 사전에 집중호우로 인해 발생하는 홍수에 대한 정보를 제공함으로써 피해를 최소화할 수 있고 이에 대한 교육과 훈련을 통해 주민의식을 고취시켜야 할 것이다. 이 외에도 풍수해보험 도입, 홍수위험지도 작성 및 비상대피계획 수립 등을 통해 수해를 방지해야 할 것으로 판단된다.

기상이변에 따른 국지성 집중호우에 효과적으로 대응하기 위해서는 구조적 대책과 함께 비구조적 대책을 고려한 종합적인 수해방지대책을 수립해야 하며 지역적 특성 및 예산 등을 종합적으로 고려한 대책의 우선순위를 결정하여 사업을 점차적으로 수행함으로써 향후 발생할 수 있는 집중호우에 의한 피해를 저감시켜야 할 것이다. 🌀