

강우발생시 도심지 건설공사 현장의 저류효과

○심기오¹⁾ 노재식²⁾ 이길춘³⁾

1. 서론

도시인구의 집중과 대규모 계획단지의 개발은 하류유역의 유출특성에 큰 영향을 준다. 일반적으로 자연녹지의 유출계수는 약 0.1~0.3이나 주거지역 또는 상업지역 등의 도시지역으로 개발되면 유출계수는 급격히 증가하여 약 0.5~0.8의 값 또는 그 이상의 값을 가지게 되어 동일지역에서의 유출용량을 4~5배 증가시키게 된다. 이러한 도시지역의 유출량은 하류지역으로의 급격한 유출량 집중으로 인해 홍수소통단면의 부족을 초래하여 내수피해로 인한 재해를 겪게 되며, 홍수도달시간이 급격히 빨라져서 그 피해를 가중시키게 된다. 특히 하천을 개수 및 정비한다는 명목으로 실시하는 하천의 직선화는 하천의 우수소통 기능에 역행하는 결과를 초래할 수가 있다.

지난해 7월 31일부터 8월 20일까지 대기층의 불안정과 양쯔강유역으로부터 불어오는 습한 기류에 기인하여 전국적으로 돌발적인 집중호우가 내렸다. 이 집중호우는 전국적으로 홍수를 유발하여 300명이 넘는 인명피해와 약 18만명에 달하는 이재민 그리고 약1조 2천5백억원에 달하는 재산피해를 남겼다. 홍수피해의 직접적인 원인은 주로 설계빈도를 초과한 엄청난 규모의 유량에 있었으며 간접적으로는 도시화로 인한 도심지의 저류기능 감소에 기인한 것이라고 할 수 있다.

도심지에서 대중교통수단중의 하나인 전철의 경우에 있어서는 그 건설공사 현장규모가 매우 크다. 이러한 전철공사현장에 대해서 강우발생으로 인한 우수의 저류효과를 파악하기 위하여 지난해 7월31일부터 8월 20일까지의 집중호우로 인해 침수피해를 입은 서울지역 전철공사현장을 대상으로 조사하였다.

1.1 연구목적

서울·경기북부 지역의 강우로 인해 많은 지역이 침수피해를 입었으며 또한 운행중이거나 공사 중인 전철역의 침수로 인해 그 피해가 더욱 증폭되었다.

그러나, 이러한 지하철 공사현장의 침수로 인해 발생된 손실을 긍정적인 측면에서 보게되면 전철 공사현장 구내의 유출량 저류효과로 인근 주변 저지대의 침수피해가 저감되었다고 판단할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 저류효과로 인한 주변 저지대의 피해 경감정도 및 효과를 알아보기 위한 현장 기초조사를 실시하였으며 이번호우로 인한 각 침수 전철역 구내의 침수로 인한 저류용량 등을 조사·분석하여 이러한 저류효과가 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

또한, 우수저류지의 위치에 있어서는 공원, 건물 시설의 지하에 설치하거나 기존의 연못을 이용하는 것 외에도 댐이나 웅덩이 등에 의한 방법도 생각할 수 있으므로 지역실정을 고려하여 결정할

-
- 1) 국립방재연구소 연구관
 - 2) 인덕대학 토목환경과 초빙교수
 - 3) 단국대학교 제1공학부 교수

수 있다. 특히, 우리나라는 국토면적이 좁고, 도시화의 발달로 인해 기존 부지를 이용한 우수조절지의 건설에 있어서는 용지확보 뿐만아니라 비용면에서도 많은 어려움이 따를 것으로 판단된다.

따라서, 공공지하공간 즉, 대심도 지하공간을 이용한 우수저류지의 건설이 대심도 하수관거와 연계가 이루어진다면 효율적인 저류방안이 될 수 있을 것이다. 이러한 적극적인 방재차원에서도 지하 공간을 이용한 우수저류지의 건설타당성을 검토할 필요성이 있을 것으로 판단되며 본 연구는 이를 위한 기초자료로서 활용할 수 있을것으로 판단된다.

2. 관측 강우량

관측된 강우자료들의 시간별 강우량을 파악하기 위하여 7월 31일부터 8월 21일까지의 서울지역 강우자료를 이용하여 누가우량분포를 나타내면 그림 1과 같다.

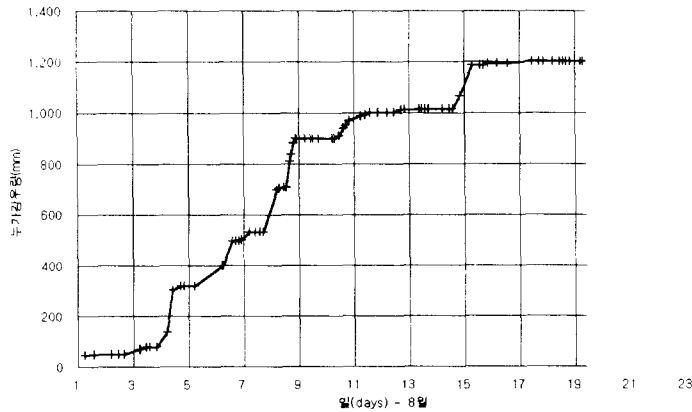


그림 1 서울지역의 누가강우량(7/31~8/21)

그림 1에 나타낸바와 같이 이번 호우기간 동안 4회의 집중호우가 수시간 또는 2일~5일 정도의 간격을 두고 발생하여 한강 유역 하류부인 서울시에 대단히 많은 양의 유출량이 도달됨에 따라 전철 공사현장의 내수배제에 문제를 발생시키게 되었다. 이러한 4회의 강우량 크기를 보면 표 1과 같다.

표 1 발생시각에 따른 강우량 및 강우강도(서울)

| 발생시각 | 지속시간(hr) | 강우량(mm) | 강우강도(mm/hr) |
|--------------|----------|---------|-------------|
| 8월 4일 05:00 | 5 | 165.2 | 33.0 |
| 8월 7일 17:00 | 12 | 165.1 | 13.8 |
| 8월 8일 13:00 | 3 | 104.2 | 34.7 |
| 8월 14일 20:00 | 11 | 120.4 | 10.9 |

이기간 동안에 발생한 서울·경기지역 호우의 유출특성은 국지성 집중호우의 양상으로 서울, 강화, 인천, 양평, 이천 등지에서 시작하여 서울·경기북부 지역으로 이동하면서 동두천, 의정부에 집중호우를 발생시킴에 따라 그 피해를 가중시켰다.

이번 집중호우는 기상청의 예보가 거의 따라갈 수 없는 돌발적인 강우로서 기상관계자들이 정확한 예보체계를 확립하는 것이 무엇보다도 중요한 과제로 남게 하는 계기가 되었다. 이러한 기록적인 강우로 인하여 기왕의 자료에 의하여 설정된 설계강우량에 대한 재검토가 필요하게 되었으며 이러한 노력은 앞으로의 강우양상에 따른 급격한 변동에 따라 지속적으로 보완되어야 할 것으로 판단된다.

3. 적용대상 범위와 방법

강우로 인한 전철 구역의 침수저류효과를 분석하기 위하여 서울지역의 공사중인 구간을 중심으로 피해가 발생한 전철 구내의 침수량을 조사하였다. 침수 조사대상 전철공사구간은 5개로 선정하였으며, 전철구간 침수시 침수정에서의 배수작동이 자동으로 시행되므로 전철 구내의 침수저류량은 침투수위 기록시의 홍수흔적을 기준으로 산정하였다.

이렇게 산정된 유출량 저류 효과로 인해 재해 저감효과를 파악하기 위하여 서울시내 58개 빗물 펌프장의 저류용량과 비교 분석하였다.

이번 강우로인한 서울시 전철공사구간의 침수피해 유형을 살펴보면 지상 하수관거의 배수소통 능력 부족, 하수관 및 상수관의 파손, 제방의 월류, 전철 환승통로의 차수벽 부실, 지상 하수관거 수위의 상승으로 인한 배제불량 등으로 볼 수 있다.

지하철 구내의 침수저류량을 유수지 저류량으로 산정하기 위하여 서울시 58개 유수지의 저류가능용량을 평균하여 제시하였다. 조사된 서울시 유역특성자료를 표 2에 나타내었다.

표 2 서울시 유수지의 유역특성자료

| 연번 | 명 칭 | 유수지면적 (m ²) | 저수용량 (m ³) | 연번 | 명 칭 | 유수지면적 (m ²) | 저수용량 (m ³) |
|----|-----|----------------------------|---------------------------|----|-----|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 용산1 | 37,597 | 121,000 | 30 | 도림2 | 19,797 | 59,400 |
| 2 | 용산4 | 7,290 | 19,700 | 31 | 독산 | 15,690 | 36,000 |
| 3 | 한남 | 7,270 | 36,350 | 32 | 철산 | 40,322 | 120,966 |
| 4 | 십원 | 162 | 875 | 33 | 시흥 | 4,251 | 14,880 |
| 5 | 뚝도 | 62,400 | 180,000 | 34 | 개봉 | 78,000 | 234,000 |
| 6 | 용답 | 12,470 | 11,192 | 35 | 구로1 | 23,800 | 30,000 |
| 7 | 자양 | 16,700 | 50,000 | 36 | 구로2 | 163 | 1,700 |
| 8 | 옥수 | 1,379 | 5,517 | 37 | 구로3 | 660 | 1,914 |
| 9 | 응봉 | 2,874 | 10,650 | 38 | 양평1 | 52,000 | 115,000 |

| 연번 | 명 칭 | 유수지면적 (㎡) | 저수용량 (㎡) | 연번 | 명 칭 | 유수지면적 (㎡) | 저수용량 (㎡) |
|-------------------|-----|--------------|-------------|----|-----|--------------|-------------|
| 10 | 군자 | 1,776 | 7,103 | 39 | 도립1 | 29,420 | 70,000 |
| 11 | 송정 | 130 | 520 | 40 | 도립3 | 14,000 | 31,000 |
| 12 | 금호 | 4,969 | 27,000 | 41 | 신길 | 8,560 | 34,240 |
| 13 | 용두 | 4,620 | 11,000 | 42 | 문래 | 1,882 | 7,528 |
| 14 | 휘경 | 38,330 | 138,000 | 43 | 영등포 | 625 | 2,500 |
| 15 | 답십4 | 17 | 35 | 44 | 양평2 | 700 | 2,800 |
| 16 | 면목 | 53,300 | 159,900 | 45 | 흑석 | 6,270 | 26,350 |
| 17 | 중화 | 2,300 | 9,000 | 46 | 본동 | 165 | 380 |
| 18 | 마포 | 23,238 | 72,000 | 47 | 반포 | 56,200 | 168,600 |
| 19 | 망원1 | 54,000 | 162,000 | 48 | 서초 | 684 | 2,600 |
| 20 | 합정1 | 351 | 1,580 | 49 | 잠원 | 300 | 950 |
| 21 | 합정2 | 463 | 640 | 50 | 양재 | 86,173 | 344,700 |
| 22 | 성산 | 1,500 | 4,500 | 51 | 잠실1 | 53,000 | 238,000 |
| 23 | 하수 | 86 | 332 | 52 | 잠실2 | 23,700 | 120,000 |
| 24 | 망원2 | 790 | 2610 | 53 | 성내1 | 12,000 | 48,000 |
| 25 | 신정1 | 86,000 | 256,000 | 54 | 성내2 | 51,875 | 208,000 |
| 26 | 신정2 | 36,000 | 162,000 | 55 | 탄천 | 790 | 261,000 |
| 27 | 신정3 | 343 | 17,000 | 56 | 암사 | 10,500 | 37,000 |
| 28 | 염창1 | 25,760 | 90,900 | 57 | 전농 | 20,500 | 200,000 |
| 29 | 염창2 | 92 | 396 | 58 | 장안 | 17,400 | 70,000 |
| 평균 저류량 : 66,116 ㎡ | | | | | | | |

4. 저류량 분석

전철역 침수량을 산정하기 위하여 지하철 건설본부, 도시철도공사, 서울 지하철공사 등의 관련 기관을 방문하였으며 각 현장들의 협조를 받아 수행하였다. 본 연구에서는 5개 구간을 조사하였으며 각 구간별 내용은 다음과 같다.

① 공사중구간 (A × L)

$$42.15\text{m} \times 110\text{m} = 4,636.5 \text{ m}^2$$

$$(B \times L \times H)$$

$$18.7\text{m} \times 47\text{m} \times 13.15\text{m} = 11,557.5 \text{ m}^3$$

$$12.8\text{m} \times 33\text{m} \times 12.35\text{m} = 5,216.6 \text{ m}^3$$

$$25\text{m} \times 165\text{m} \times (13.15\text{m} + 11.55\text{m}) \div 2 = 50,943.8 \text{ m}^3$$

$$\text{침수량 소계} : 72,354 \text{ m}^3$$

② 공사중구간 (B × L × H)

$$14\text{m} \times 480\text{m} \times (12.2\text{m} + 3.3\text{m}) \div 2 = 52,080 \text{ m}^3$$

$$18\text{m} \times 1,140\text{m} \times (14.0\text{m} + 3.3\text{m}) \div 2 = 177,498 \text{ m}^3$$

$$14\text{m} \times 480\text{m} \times (14.0\text{m} + 5.0\text{m}) \div 2 = 63,840 \text{ m}^3$$

$$14\text{m} \times 280\text{m} \times (5.0\text{m} + 14.5\text{m}) \div 2 = 38,220 \text{ m}^3$$

$$15\text{m} \times 140\text{m} \times 5.3\text{m} = 11,130 \text{ m}^3$$

$$15\text{m} \times 465\text{m} \times (14.7\text{m} + 15.0\text{m}) \div 2 = 103,578.8 \text{ m}^3$$

침수량 소계 : 446,347 m³

③ 공사중구간 (B × L × H)

$$14\text{m} \times 470\text{m} \times 13.6\text{m} = 89,488 \text{ m}^3$$

$$25\text{m} \times 52\text{m} \times 11.8\text{m} = 15,340 \text{ m}^3$$

$$20\text{m} \times 367\text{m} \times 15\text{m} = 110,100 \text{ m}^3$$

$$14\text{m} \times 450\text{m} \times 15\text{m} = 94,500 \text{ m}^3$$

침수량 소계 : 309,428 m³

④ 공사중 (B × L × H)

$$13\text{m} \times 400\text{m} \times 6\text{m} = 31,200 \text{ m}^3$$

$$36\text{m} \times 170\text{m} \times 1.5\text{m} = 9,180 \text{ m}^3$$

침수량 소계 : 40,380 m³

⑤ 공사중구간 (B × L × H)

$$13.3\text{m} \times 380\text{m} \times 3.4\text{m} = 17,183.6 \text{ m}^3$$

$$17.85\text{m} \times 80\text{m} \times 4.1\text{m} = 5,854.8 \text{ m}^3$$

$$21.9\text{m} \times 40\text{m} \times 3.9\text{m} = 3,416.4 \text{ m}^3$$

$$9\text{m} \times 160\text{m} \times 3.5\text{m} = 5,040 \text{ m}^3$$

$$8.6\text{m} \times 600\text{m} \times 2.2\text{m} = 11,352 \text{ m}^3$$

$$21.7\text{m} \times 120\text{m} \times 1\text{m} = 2,604 \text{ m}^3$$

$$8.6\text{m} \times 140\text{m} \times 0.8\text{m} = 963.2 \text{ m}^3$$

침수량 소계 : 46,414 m³

위와같이 전철 구내의 침수량을 산출하였으며 표 3 과 같이 나타낼 수 있다.

표 3 전철 구내의 저류량

| 조사대상 구간 | 저류량(m ³) |
|---------|----------------------|
| ① | 72,354 |
| ② | 446,347 |
| ③ | 309,428 |
| ④ | 40,380 |
| ⑤ | 46,414 |
| 합 계 | 914,923 |

전철 건설공사현장에 돌발적인 집중호우로 인한 공사현장 구내의 침수저류효과를 분석하기 위하여 건설현장 5개를 선정하여 침수량을 산출하였다. 산출된 저류량의 값과 우수지와와의 비교를 위

해 서울시 58개 우수지의 저류용량을 평균하였다.

서울시 58개 우수지의 평균 저류용량은 66,116m³으로 나타났으며 5개 전철 공사현장구내에 침수된 저류용량은 약 914,923m³으로 나타났다. 이는 집중호우로 인한 전철구내의 저류량은 우수지의 평균 저류량으로 환산하였을 경우 약 14개의 우수지 확보효과를 나타내었다고 볼 수 있다. 이는 전철 구내의 저류효과가 없었다면 저지대 주민 또는 어떤 특정부분의 제방에 위협을 초래하는 것으로 전파될 수 있었음을 내포한다.

5. 결 론

지난해 서울과 경기북부지역에 많은 피해를 남긴 집중 호우는 시간최대 100mm이상의 강우가 발생하였고 이러한 강우가 지역적·시간적으로 불규칙적인 반복을 계속하여 그 피해가 더욱 가중되었다고 볼 수 있다. 이러한 강우에 대해 경제적인 측면에서 수공구조물을 건설하는 것은 불가능하며 홍수에 의한 피해를 완전히 벗어날 수는 없는 것이다. 즉, 이러한 집중호우 규모의 강우에서는 어느 정도의 피해는 예견되는 것이고 이를 완전히 방어할 수 없다는 사실을 인식하여야 한다. 그러나, 이에 대한 사전대책이 수립되고 수행되었다면 인명피해와 재산피해를 경감시킬 수 있었을 것으로 판단된다.

서울, 경기 북부지역의 집중호우로 인하여 많은 인명과 재산피해가 발생하였으며 앞으로 자연재해에 대한 방재의 중요성을 강조하는 계기가 되었다. 이같은 집중호우에 의한 피해는 전철 건설공사현장에도 영향을 끼쳤으며 지하공간의 침수피해를 야기시켰다. 이같은 현상과는 반대로 강우시 전철 건설공사현장의 우수저류로 인하여 인근 저지대의 피해를 감소시키는 효과도 있었다고 판단된다.

이번 호우로 인하여 지하철 건설공사 구간 최대 저류량은 914,923m³이었으며 이는 서울시내 우수지의 평균저류량 66,116m³ 보다 약 14배의 크기에 달하는 용량으로 대단히 큰 저류효과가 있었다고 판단된다.

외국의 경우에도 우수를 저류시키기 위하여 지하공간에 대심도 터널을 설치하여 저류시설로써 운용하고 있는 실정을 감안해볼 때 우리나라도 심도있는 검토를할 필요성이 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) '98 대홍수의 진단 및 재해극복 대책, 1998. 한국수자원학회
- 2) 이종태, '98 홍수재해의 교훈 및 대책, 제4회 방재행정세미나, 1999.
- 3) 물공급 전망, 1998.9, 한국 건설기술 연구원
- 4) 서울시 관내 하천제방안전도 검토 및 치수종합대책 수립 기본계획 보고서, 서울특별시, 1992.
- 5) 하천연안 수공구조물 안정진단 및 관리대책 조사연구 보고서, 1991, 서울특별시
- 6) 한국의 수자원 개발 30년, 1997, 한국수자원공학회