

침투통의 설치에 따른 치수효과 분석

Analysis on the Effect of Infiltration Collector Well Installation on the Water Control

심재현* / 이철규** / 이종국*** / 김진영****

Shim, Jae-hyun / Lee, Cheol-kyu / Lee, Jong-kook / Kim, Jin-young

Abstract

In this study, the runoff reduction effect was analyzed quantitatively focusing on the infiltration collector well located in the test area. On the basis of the analysis of the data obtained by examining the real-time measurement field data, the runoff reduction was examined through the measured rainfall of the year 2003 by applying the analysis result, with the PCSWMM model to the Kiheung-Gugal residential area, which is selected as the test basin. According to the analysis, it is revealed that an infiltration collector well can reduce up to 65~98% of runoffs, compared to a conventional one. For measured rainfalls, an infiltration collector well was able to reduce up to 15~23% of runoffs and 3~25% of peak runoffs. These results show that the effects of infiltration collector wells might vary with rainfall intensity and its duration. However, the infiltration collector well was confirmed as the one of the alternatives of runoff reduction facilities in urbanized catchment.

Keywords : Real-time Measurement, Infiltration Collector Well, PCSWMM, Runoff Reduction, Effect of Water Control

요 지

본 연구에서는 시범지역에 설치된 침투통을 대상으로 실시간으로 현장계측을 수행하고 이들 자료를 분석하여 효과를 정량적으로 분석하였으며, 분석 결과를 이용하여 용인시 기흥구갈택지개발지구를 대상유역으로 선정하여 2003년 실제 강우사상에 대하여 침투통의 유출저감효과를 PCSWMM 모형을 이용하여 분석하였다. 연구결과 침투통의 유출저감효과는 65~98%로 나타났으며, 실제 강우를 대상으로 하여 전체유역에서 시설설치가 가능한 유역에 대하여 침투통을 확대 설치하여 모의한 결과 15~23%의 유출저감율과 3~25%의 침투유출 저감효과를 보였다. 따라서, 침투통은 강우강도나 지속시간에 따라 차이는 있지만 도시유역의 우수유출을 저감시킬 수 있는 효과적인 시설로 확인되었다.

핵심용어 : 실시간 계측, 침투통, PCSWMM, 유출저감, 치수효과

* 정회원 · 행정자치부 국립방재연구소 연구1팀장 · E-mail : shim1001@mogaha.go.kr

** 정회원 · 행정자치부 국립방재연구소 선임연구원 · E-mail : powerful@mogaha.go.kr

*** 정회원 · (주)DATAPCS 대표이사 · E-mail : jklee@datapcs.go.kr

**** 정회원 · 행정자치부 지방재정경제국 지역균형발전과장 · E-mail : bangjaek@mogaha.go.kr

1. 서론

우리나라는 근대화이후 꾸준하게 도시화 및 산업화로 토지이용의 극대화가 진행되고 있다. 이러한 토지이용의 변화는 전체적으로 표면조도계수 및 침투율을 감소시켜 유출량이 급격히 증대하고 상대적으로 자연녹지가 축소되어 자연보유력이 감소된다. 그리고, 유역의 홍수방어능력이 떨어지게 되며 유속의 증가에 따른 유출의 집중으로 인하여 재해위험의 가능성도 점차 증가하게 된다.

이러한 수리·수문학적인 조건의 악화로 인한 홍수피해를 절감하려는 노력의 하나로 선진외국에서는 이미 70~80년대에 사업 인·허가시 제도적으로 우수유출저감시설의 설치를 규제하고 있으나, 국내에서는 최근에야 국립방재연구소에서 일부 침투시설 및 저류시설에 대한 기준을 마련하고 있으며 특히, 이를 구체적으로 활용하기 위한 시설의 치수효과에 대한 정량적인 분석과 지속적인 관측은 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 1998년부터 현재까지 전국 시범지역에 설치된 우수유출저감시설인 침투통의 2003년 호우에 대한 실시간 현장계측을 수행하고 이들 자료를 분석하여 효과를 정량적으로 분석하였으며, 분석결과를 이용하여 용인시 기흥구갈 2지구 택지개발지구를 대상유역으로 2003년 실제 강우사상과 설계 강우사상에 대하여 침투통의 유출저감효과를 PCSWMM 모형을 이용하여 분석하였다.

2. 전국 시범시설의 치수효과 계측 및 분석

2.1 전국 시범시설의 현황

국립방재연구소에서는 1998년부터 전국시범지역을 대상으로 침투통 및 모니터링 시스템을 설치하여 침투통의 유출저감효과를 실시간 현장계측을 수행하여 왔으며, 2003년 현재 전국적으로 10개 지점에 대하여 실시간 모니터링 작업을 지속적으로 수행하고 있다. 점검 및 유지관리를 수행한 결과 이 중에서 도로의 신설에 따라 지방자치단체와 이전을 협의 중인 마산지역을 제외한 지역에서 2003년 호우사상에 대한 실시간 계측자료를 얻을 수 있었다.

2.2 자료계측 및 전송방법

대상지역의 침투통의 효과를 정량화하기 위해서는 강우 및 유출량분석이 필수적이므로 강우량계와 침투통내에 압력식 수위센서를 설치하였으며, 강우량계와 도로측구에 설치된 일반집수정과 침투통 수위센서로부터 얻은 자료를 분석하여 치수효과를 정량화 하였다. 또한, 실시간으로 현장계측한 자료를 무선이동통신을 이용하여 서버컴퓨터로 전송하는 시스템이 구축되어 시간에 따른 강우변화와 수위 변화자료를 실시간으로 획득할 수 있게 운영되고 있으며, 2002년부터 자료의 수신과 동시에 인터넷 홈페이지를 구축하여 현장모니터링 결과를 제공하고 있다(<http://www.hydrology.co.kr/infilt/>).

2.3 전국 시범시설의 유출저감효과 분석

2003년 각 시범시설에서 관측된 실제 호우사상과 일반집수정 및 침투통에서의 수위 자료를 근거로 하여 총유출량을 산정하여 유출저감효과를 분석하였다. 수집된 실제호우사상은 모니터링 시스템 중 강우센서로부터 측정된 자료로서 시범지역에 발생한 강우를 거의 대부분 측정하였으며 측정된 수위값은 배수관의 월류를 원형웨어로 가정하여 유출량을 구하였다. 또한, 각 시범시설의 강우량계와 데이터로거는 간헐적인 결측데이터를 제외하면 모두 정상적으로 작동하고 있는 것을 확인하였다.

각 시범시설에서 관측된 2003년 호우사상과 일반집수정 및 침투통에서의 수위 자료를 근거로 하여 총유출량을 산정하여 유출저감효과를 분석하였다. 수집된 실제호우사상은 모니터링 시스템 중 강우센서로부터 측정된 자료로서 시범지역에 발생한 강우를 거의 대부분 측정하였다. 전체 시범시설의 집수정내의 수위센서는

항상 수중에 설치되어 있거나 강우시 물 속에 잠기게 되므로 일반적인 수명이 약 1~2년 정도로 판단되어 지속적으로 유지관리를 실시하고 있으나 몇몇 지점에서는 관측치의 오차가 있으므로 유출저감효과의 분석은 획득 자료 중 양호한 품질에 대하여 이루어졌다.

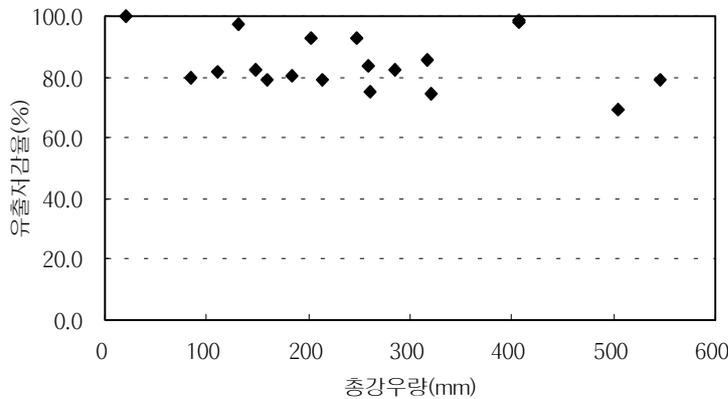


그림 1은 2003년도 전국시범지역에 설치된 모니터링 시스템으로부터 획득된 자료를 바탕으로 침투통의 총유출량을 산정하여 일반집수정과 비교하여 유출저감효과를 총 강우량에 따라 나타낸 것이다. 그림에서 총 강우량이 증가함에 따라 유출저감율이 다소 줄어드는 것으로 나타나지만 전체적으로 살펴보면 65%~98%의 유출저감효과를 나타냈으며 평균 85%의 유출저감효과를 나타내고 있다.

그림 1. 누적강우에 따른 유출저감율

특히, 2002년도에 시범시설의 유출저감효과가 평균 84%를 나타낸 것과 비교하여(국립방재연구소, 2002) 평균 유출저감율이 시간의 경과에도 불구하고 저하되지 않은 것으로 나타났으며, 이는 연 3회 이상 지속적인 유지관리를 수행하였기 때문으로 분석된다. 대상유역은 불투수면적이 72%이고 전체면적 중 28%가 도로 및 주차장으로 구성되어 있어 침투통의 설치가 가능한 28%의 면적에 시설을 설치하는 것으로 가정하여 수치모의를 실시하였다.

3. 침투통을 도시유역에 확대적용한 경우의 유출저감효과 분석

본 절에서는 시범시설운영을 통해 얻어진 결과를 이용하여 침투통을 도시유역의 실제 강우사상에 적용하였을 경우로 가정하여 유출저감효과를 PCSWMM 모델을 이용하여 모의하였다.

3.1 PCSWMM의 개요

PCSWMM은 1971년 미국 EPA(미국환경보전국, Environmental Protection Agency)의 지원으로 Metcalf & Eddy사가 Florida 대학과 W.R.E.(Water Resources Engineers)와의 공동연구로 개발하고 1988년 Hurber와 Dickinson에 의해 보완된 SWMM(Storm Water Management Model)을 캐나다의 CHI(Computational Hydraulic Int.)에서 Window 용 GUI(Graphic User Interface)로 개발한 것이다.

모형의 특성을 살펴보면, 단일강우나 연속강우에 대한 계산이 모두 가능하며 강우간격과 연산시간 간격을 강우사상에 대하여 임의 조절이 가능하고, 배수유역의 규모에 상관없이 합성 및 분리가 가능한 장점이 있다. 그리고, 유출현상은 강우와 용설로 발생하는 것으로 보며 지표면 유출은 비선형 저류방정식으로 산정한다. 침투량의 산정은 Horton 또는 Green-Ampt식을 사용하며 수로 및 관로에 대해 RUNOFF 블록은 비선형 저류방정식을, TRANSPORT 블록은 Kinematic 방정식을, EXTRAN 블록은 Dynamic 방정식과 연속방정식을 사용한다. 저류추적방법은 수표면이 평행하다고 가정한 수정 Pulse 방법을 사용한다(이종태 등, 1991; 허준행 등, 1997).

3.2 침투통을 고려한 유출 모의방법

본 연구에서 PCSWMM 모형의 적용은 대상유역의 유출해석이 그 주요목적이므로 RUNOFF 블록만을 적용하였다. 침투량의 산정은 Horton식을 적용하였으며 초기침투능과 중기침투능의 경우 우수유출저감시설 모

니터링을 위해 전국 10개 지점에 설치된 현장관측자료를 토대로 각각 38.0mm/hr, 8.0mm/hr의 값을 적용하였다(장복진 등, 2002). 한편, 조도계수는 Kinematic Wave 공식의 표면조도계수 값을 참조하여 투수지역의 경우 잔디로 가정하여 0.03, 불투수지역의 경우 아스팔트와 콘크리트 포장의 중간값인 0.013 값을 적용하였다. 표면저류의 경우, 투수지역은 잔디로 가정하여 12.7mm, 불투수지역은 포장된 유역값 3.3mm(서규우, 1999)를 적용하였다.

3.3 대상유역의 특성 및 적용강우사상

대상유역은 1995년 11월 13일~1999년 6월 30일에 걸쳐 택지 개발이 이루어진 용인시 기흥구갈 2지구 택지개발지구를 선정하였으며, 적용강우사상은 2003년 성남시에서 발생한 실제 강우사상에 대하여 모의하였다. 대상 지역은 주택건설용지가 36.5%, 공공시설용지가 63.5%로 설계되어 있으며, 전체 면적의 약 72% 이상이 주택, 상업용지 및 도로 등의 불투수 용지로 이루어져 있어 전형적인 도시유역이라 할 수 있다. 또한 전체 불투수면적 중 약 28.3%가 도로와 주차장으로 구성되어 침투통을 설치할 수 있는 지역으로 판단하였다. 본 대상유역은 대부분 구릉지로 형성되어 있으며 강우시 우수는 소수로를 통하여 오산천과 오산천의 지류인 갈천으로 방류되고 있고, 방류지점의 수질보전을 고려하여 우·오수를 구분하여 배제하는 분류식으로 설계되어 있다. 적용강우사상은 2003년 국립방재연구소의 연구보고서를 참조하여 2003년 경기도 성남에서 6~8월 사이에 발생한 강우 중, 대표적인 총 강우량 56.5mm, 105.5mm, 173.5mm의 강우사상에 대한 수치모의를 수행하였다(국립방재연구소, 2003).

3.4 모의 결과 및 분석

SWMM을 이용한 수치모의는 위에서 설명한 대상유역과 강우자료를 적용하여 침투통을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우의 모의결과를 비교·분석하였다. 대상유역에 침투통을 설치하였을 경우 최종 유출구와 강우사상에 따라 조금씩 다르지만 약 15~23%의 유출량을 저감시키는 것으로 나타났다(표 1 참조).

표 3 실제 강우에 대한 유출량 모의결과

최종 유출구	총강우량 (mm)	지속시간 (min)	평균강우강도 (mm/hr)	침투통 미설치시 유출량(m ³)	침투통 설치시 유출량(m ³)	유출 저감량(m ³)	유출량 저감율(%)
A	56.5	1100	3.1	6,197	4,816	1,381	22.28
	105.5	630	10.0	13,250	11,170	2,080	15.70
	173.5	1500	6.9	20,670	16,770	3,900	18.87
B	56.5	1100	3.1	4,389	3,381	1,008	22.97
	105.5	630	10.0	8,971	7,450	1,521	16.95
	173.5	1500	6.9	14,310	11,450	2,860	19.99
C	56.5	1100	3.1	2,973	2,292	681	22.91
	105.5	630	10.0	5,978	4,935	1,043	17.45
	173.5	1500	6.9	9,608	7,665	1,943	20.22
D	56.5	1100	3.1	7,226	5,573	1,653	22.88
	105.5	630	10.0	14,580	12,060	2,520	17.28
	173.5	1500	6.9	23,380	18,680	4,700	20.10

또한, 지속시간이 길어 평균강우강도가 적은 경우에서의 유출저감효과가 높은 것으로 나타나고 있다. 모의 결과 그림 2와 같이 총강우량에 대한 유출저감량은 600~4,700m³의 높은 저감량을 보였으며, 총강우량별

로 구분해서 살펴보면 56.5mm의 강우에 600~1,600m³의 저감량을 보였고, 105.5mm의 강우량에는 1,000~2,500m³, 총강우량 173.5mm에서는 1,900~4,700m³의 유출을 저감시켜 총강우량에 비례하여 유출저감량도 증가하였다. 또한, 평균강우강도에 따른 유출저감율과 침투유출 저감율을 나타낸 것이다. 평균강우강도가 적을수록 유출저감율이 크게 나타났으며 그 범위는 15~25% 사이의 유출 저감율을 보였다. 침투유출은 침투통을 설치하였을 경우 약 3~25%의 침투유출을 저감하였다. 강우강도가 클수록 침투통의 유출저감율과 침투유출량은 적어지는 경향을 보였으며 특히, 침투유출량의 경우에는 강우강도의 증가에 따라 저감효과는 크게 줄어들었다.

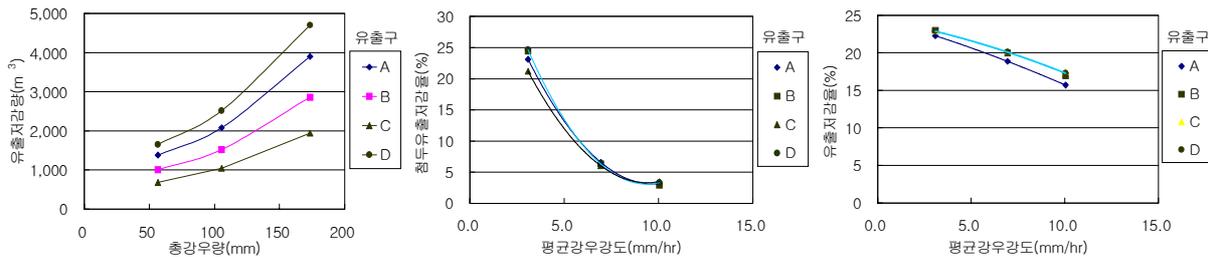


그림 2. 총강우량 및 평균강우강도에 따른 유출저감효과 분석

5. 결론

본 연구에서는 시범지역에 설치된 침투통을 대상으로 실시간으로 현장계측을 수행하고 이들 자료를 분석하여 효과를 정량적으로 분석하였으며, 얻어진 결과를 용인시 기흥구갈 택지개발지구를 대상구역으로 선정하여 2003년 실제 강우사상에 대하여 침투통의 유출저감효과를 PCSWMM 모형을 이용하여 분석하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 2003년도 계측 및 치수효과 분석결과 침투통의 유출저감효과는 연 3회 이상의 지속적인 유지관리를 수행한 결과 같은 유입조건의 일반집수정과 비교하여 65~98%로 매우 높게 나타났으며, 평균 85%의 유출저감효과를 보였다.

둘째, 침투통을 도시구역에 확대 설치하였을 경우의 유출저감효과를 PCSWMM 모형을 사용하여 모의한 결과 15~23%의 유출량을 저감할 수 있을 것으로 나타났다.

셋째, 침투유출 저감효과는 일반적인 실제 강우를 적용한 결과 3~25%의 침투유출을 저감할 수 있을 것으로 분석되었으며 강우강도가 커질수록 침투유출 저감효과는 낮아지는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 국립방재연구소, "03년도 우수유출 저감시설의 치수효과 분석", 2003.
2. 국립방재연구소, "02년도 우수유출 저감시설의 치수효과 분석", 2002.
3. 서규우, 도시유출모형, 엔지니어즈, pp 78~84, 1999.
4. 서울특별시, 한국수자원학회, '98수해백서, 1999
5. 이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남, "도시화영향을 고려한 우수지 계획모형", 한국수문학회지, 제24권, 제4호, pp. 73~83, 1991.
6. 허준행, 서규우, 이홍래, 이재철, "주택단지내 우수유출해석을 위한 모형의 적용 및 비교분석", 대한토목학회논문집, 제 17권, 제II-5호, pp.429~440, 1997.
7. 장복진, 여운광, "현장자료를 이용한 침투집수정의 유출저감 효과에 관한 연구", 한국수자원학회 논문집, 제35권, 제5호, pp. 611~618, 2002.
8. <http://www.hydrology.co.kr/infiltr/>, 2004.