

도시유역에서 침투시설의 우수유출저감효과 분석

An Analysis of Runoff Reduction Effect of Infiltration Facilities in Urban Area

이재준* · 김호년** · 곽창재** · 이상원**

Lee, Jae Joon · Kim, Ho Nyun · Kwak, Chang Jae · Lee, Sang Won

Abstract

One of the structural measures for the peak flow reduction is infiltration facilities. There are many types in infiltration facilities - infiltration basin, trench, bed, porous pavement, percolated subdrain, dry well. In this study runoff reduction effect of infiltration trench is analyzed by WinSLAMM. Runoff reduction effect is investigated by each design rainfall and temporal pattern of rainfall particularly. The biggest reduction is shown in Yen and Chow's temporal pattern of design rainfall and the smallest reduction is shown in Huff's first quartile pattern. Runoff reduction rate is presented about 6 to 14 percentage, and the larger return period, the smaller runoff reduction rate.

1. 서론

우리나라는 근대화 이후 꾸준한 토지 이용의 확대에 따라 점점 도시화 및 산업화가 되어 왔다. 대규모 택지개발사업 등의 도시화 사업은 결과적으로 불투수면적의 증가와 배수 시설의 확장으로 인하여 기존의 자연 상태에 비해 급격한 유출변화를 초래하였다. 즉, 전체적으로 표면조도계수를 감소시키고 침투율을 급격히 감소시켜 우수와 생활 및 산업 용수의 유출의 진행속도가 빠르게 되었으며 또한 상대적으로 자연 녹지가 축소되어 자연 보유력이 감소되어 유역의 홍수방어능력이 떨어지게 되었을 뿐 아니라 유출이 집중되는 특성으로 재해위험의 가능성은 더욱 커졌다. 따라서 이러한 수리·수문학적인 조건의 악화로 인한 홍수피해를 경감하고 지하수자원 확보 및 하천의 건천화 방지 등을 위한 우수유출저감 대책 및 연구가 절실히 필요한 실정이다. 우수유출 저감시설은 이러한 노력의 하나로 우수를 인공적으로 지하에 침투시키거나 저류시키는 것으로 선진국에 비해 국내에서의 연구는 초기 단계라 할 수 있겠다.

본 연구에서는 도시화가 이루어진 유역을 대상으로 다양한 우수유출저감시설의 저감효과를 모의할 수 있는 WinSLAMM 모형을 이용하여 침투통 설치 유무에 따른 설계 강우에 대한 유역 전체의 유출량을 비교하여 침투통의 유출저감효과를 분석하고자 한다.

2. 대상 유역

본 연구에서 선정한 대상유역은 우리나라에서 호우로 인한 피해가 가장 빈번한 지역인 경기도 지역의 도시화가 이루어진 지역으로 유역면적은 0.5km²이고 전체 면적의 68%가 주택, 상업용지 및 도로 등인 불투수층으로 되어 있으며 전체 불투수 면적 중 30%에 해당하는 도로와 주차장지역에 침투통을 설치하여 분석을 시행하였다.

* 정회원 · 국립금오공과대학교 토목환경공학부 · 교수 · E-mail: jhb365@kumoh.ac.kr

** 국립금오공과대학교 대학원 토목공학과 · 석사과정

3. WinSLAMM(Source Loading and Management Model) 모형

WinSLAMM 모형은 Robert Pitt에 의하여 1970년대 중반부터 개발되기 시작하여 1990년대 중반에 완성을 보게 된 도시구역의 오염원 동정 및 관리 모형으로서, 이 모형은 도시지역의 비점오염부하를 구하고 일련의 강우사상으로부터의 유출량을 결정하며, 이들 강우사상에 의해 야기된 오염부하를 산출하는 한편 침투(infiltration)/생물여과(biofiltration), 가로청소(street sweeping), 습식저류지, 초본 저습지(grass swales), 다공성 포장, 집수조(catchbasins)와 같은 일련의 유출저감시설을 활용할 수가 있으며, 이들 시설이 어떻게 효율적으로 유출저감에 작용하는 지를 결정할 수 있다.

4. 설계강우사상

설계강우사상은 '우리나라의 권역별 대표 확률 분포형에 의한 지역빈도해석' (김병일, 1999)의 결과를 이용하여 연구 대상 지역이 II권역에 위치하고 있으므로 표 1의 II권역 강우강도식을 이용하여 각각 재현기간 10년, 30년, 50년, 100년의 빈도별로 Mononobe, Yen & Chow, Huff분포에서의 지속기간 120분에 대한 설계강우사상(표 2~표 5)을 추출했다.

표 1. II권역의 강우강도식과 편차

지속기간 재현기간		전체지속기간 (10분 ~ 24시간)	장·단시간 구분식	
			단시간 (10분~2시간)	장시간 (2시간~24시간)
10년	식	$\frac{492.420}{(t + 1.997)^{0.503}}$	$\frac{202.662}{(t - 6.822)^{0.313}}$	$\frac{1915.095}{(t + 68.491)^{0.710}}$
	편차	0.4980	0.0215	0.0661
30년	식	$\frac{579.807}{(t + 2.290)^{0.497}}$	$\frac{231.420}{(t - 7.031)^{0.300}}$	$\frac{2165.435}{(t + 66.207)^{0.698}}$
	편차	0.6166	0.0267	0.1051
50년	식	$\frac{618.701}{(t + 2.368)^{0.494}}$	$\frac{246.923}{(t - 7.042)^{0.297}}$	$\frac{2280.641}{(t + 65.692)^{0.693}}$
	편차	0.6727	0.0369	0.1260
100년	식	$\frac{669.823}{(t + 2.409)^{0.490}}$	$\frac{264.298}{(t - 7.160)^{0.291}}$	$\frac{2433.353}{(t + 64.869)^{0.688}}$
	편차	0.7520	0.0456	0.01431

표 2. 10년 빈도 설계강우사상

지속기간(분)	Mononobe	Y-C	Huff			
			1	2	3	4
10	5.2	1.6	18.7	1.2	3.4	6.2
20	5.5	4.6	16.4	7.8	1.8	4.5
30	5.9	7.6	13.2	12.4	2.4	2.8
40	6.5	10.6	10.3	14.5	4.5	2.1
50	7.3	13.6	7.9	14.5	7.5	2.4
60	6.6	14.5	5.9	13	10.7	3.4
70	23.5	12.3	4.4	10.5	13.4	5.2
80	7.7	10	3.3	7.6	15	7.4
90	6.8	7.8	2.7	4.7	14.8	10.1
100	6.2	5.5	2.6	2.5	12.2	13
110	5.7	3.3	3	1.4	6.5	16.1
120	5.3	1	3.9	2.1	0	19.1

표 3. 30년 빈도 설계강우사상

지속기간(분)	Mononobe	Y-C	Huff			
			1	2	3	4
10	6.4	2	22.7	1.4	4.1	7.5
20	6.8	5.6	19.9	9.5	2.2	5.4
30	7.3	9.2	16	15.1	2.9	3.4
40	7.9	12.9	12.5	17.6	5.5	2.6
50	8.9	16.5	9.6	17.6	9.1	2.9
60	7.9	17.6	7.2	15.8	13	4.2
70	27.8	14.9	5.3	12.8	16.3	6.3
80	9.4	12.2	4	9.2	18.2	9
90	8.4	9.4	3.3	5.8	18	12.2
100	7.6	6.7	3.2	3.1	14.9	15.8
110	7	4	3.6	1.8	7.9	19.5
120	6.6	1.2	4.7	2.5	0	23.3

표 4. 50년 빈도 설계강우사상

지속기간(분)	Mononobe	Y-C	Huff			
			1	2	3	4
10	7	2.2	24.6	1.6	4.4	8.1
20	7.4	6.1	21.6	10.3	2.4	5.9
30	7.9	10	17.3	16.4	3.2	3.6
40	8.6	13.9	13.6	19	5.9	2.8
50	9.6	17.8	10.4	19	9.9	3.1
60	8.6	19	7.8	17.1	14	4.5
70	29.8	16.1	5.8	13.8	17.6	6.8
80	10.2	13.2	4.4	10	19.7	9.8
90	9.1	10.2	3.6	6.2	19.5	13.2
100	8.2	7.2	3.4	3.3	16.1	17.1
110	7.6	4.3	3.9	1.9	8.6	21.1
120	7.2	1.3	5.1	2.7	0	25.2

표 5. 100년 빈도 설계강우사상

지속기간(분)	Mononobe	Y-C	Huff			
			1	2	3	4
10	7.8	2.4	27.1	1.7	4.9	9.0
20	8.2	6.7	23.8	11.4	2.6	6.5
30	8.8	11.0	19.1	18.0	3.5	4.0
40	9.5	15.3	14.9	21.0	6.5	3.1
50	10.6	19.6	11.4	21.0	10.9	3.5
60	9.4	21.0	8.6	18.8	15.5	5.0
70	32.5	17.7	6.3	15.2	19.4	7.5
80	11.3	14.5	4.8	11.0	21.7	10.7
90	10.0	11.2	3.9	6.9	21.5	14.6
100	9.1	8.0	3.8	3.6	17.7	18.8
110	8.5	4.7	4.3	2.1	9.5	23.3
120	8.0	1.5	5.6	3.0	0.0	27.7

5. 모의결과 및 분석

WinSLAMM을 이용한 침투통 설치에 따른 모의를 통한 지속기간 120분의 설계강우량에 따른 유출량 저감량은 Yen-Chow분포에서 비교적 크게 나타났으며 Huff-1분포에서 다소 작게 산정되었음을 그림 1을 통해 알 수 있다. 표 6~표 9를 보면 침투통 설치에 따른 유출 저감율은 10년 빈도에서는 7~14%의 저감율을 보였고 30년 빈도에서는 7~12%의 저감율을 나타냈으며 100년 빈도에서는 약 6~11%의 저감율로 우수유출 저감시설의 기능을 수행하는 것으로 예측되었다. 그림 2는 설계강우의 분포별 재현기간에 대한 유출량 저감율을 도시한 것으로 재현기간이 클수록 저감율은 다소 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

표 6. 대상유역의 10년빈도 설계 강우에 대한 유출량 모의결과

설계강우	강우량 (mm)	일반시설 유출량 (m³)	침투통 설치시 유출량 (m³)	유출 저감량 (m³)	유출량 저감율 (%)
Mononobe	92.3	20,643.80	18,126.46	2,517.34	12.19
Yen&Chow		21,274.11	18,206.01	3,068.10	14.42
Huff-1		21,198.36	19,539.73	1,658.63	7.82
Huff-2		21,275.81	18,825.89	2,449.92	11.52
Huff-3		21,518.40	19,251.41	2,266.99	10.54
Huff-4		21,171.06	18,543.20	2,627.86	12.41

표 7. 대상유역의 30년빈도 설계 강우에 대한 유출량 모의결과

설계강우	강우량 (mm)	일반시설 유출량 (m³)	침투통 설치시 유출량 (m³)	유출 저감량 (m³)	유출량 저감율 (%)
Mononobe	112.1	26,580.26	23,660.23	2,920.03	10.99
Yen&Chow		27,105.11	23,981.00	3,124.11	11.53
Huff-1		27,177.15	25,243.79	1,933.36	7.11
Huff-2		27,293.84	24,472.07	2,821.77	10.34
Huff-3		27,560.82	24,728.39	2,832.43	10.28
Huff-4		27,133.74	24,484.27	2,649.47	9.76

표 8. 대상유역의 50년빈도 설계 강우에 대한 유출량 모의결과

설계강우	강우량 (mm)	일반시설 유출량 (m³)	침투통 설치시 유출량 (m³)	유출 저감량 (m³)	유출량 저감율 (%)
Mononobe	121.3	29,534.47	26,588.75	2,945.72	9.97
Yen&Chow		29,930.91	26,536.71	3,394.20	11.34
Huff-1		30,015.86	27,942.30	2,073.56	6.91
Huff-2		30,157.44	27,113.55	3,043.89	10.09
Huff-3		30,468.93	27,365.17	3,103.76	10.19
Huff-4		29,959.22	27,065.95	2,893.27	9.66

표 9. 대상유역의 100년빈도 설계 강우에 대한 유출량 모의결과

설계강우	강우량 (mm)	일반시설 유출량 (m³)	침투통 설치시 유출량 (m³)	유출 저감량 (m³)	유출량 저감율 (%)
Mononobe	133.6	33,527.15	30,214.08	3,313.07	9.88
Yen&Chow		33,668.73	29,959.22	3,709.51	11.02
Huff-1		33,753.68	31,488.33	2,265.35	6.71
Huff-2		33,980.22	30,667.14	3,313.08	9.75
Huff-3		34,348.33	30,865.36	3,482.97	10.14
Huff-4		33,810.31	30,610.51	3,199.80	9.46

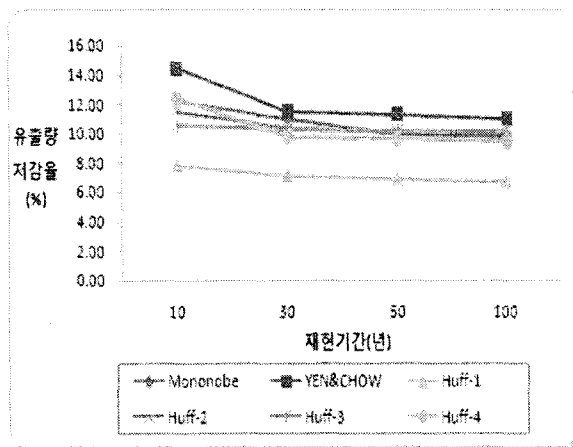
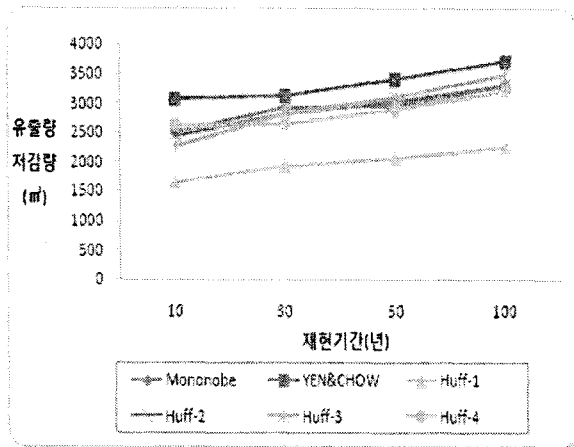


그림 1. 재현기간 및 시간분포형별 유출량 저감량

그림 2. 재현기간 및 시간분포형별 유출량 저감율

6. 결론

본 연구에서는 도시화가 이루어진 경기도 지역에 위치하는 유역면적 0.5km²의 유역을 대상으로 설계 강우에 대하여 침투통 설치유무에 따른 유출모의를 수행하였다. 단, 침투통은 전체유역의 30%에 해당하는 도로와 주차장의 면적에 설치하는 것으로 가정하였다. 모의 분석결과 침투통은 도로나 주차장이 우수를 지하로 침투시키는 시설 중 하나로서 강우강도나 빈도에 따라 변화는 있지만 상당량 도시유역의 우수유출을 저감시킬 수 있는 도시유역의 우수유출 저감시설로 확인되었다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 지속기간 120분의 설계강우량에 따른 유출량 저감량은 Yen-Chow분포에서 비교적 크게 나타났으며 Huff-1분포에서 다소 적게 산정되었다.

둘째, 총강우량과 강우강도가 상대적으로 큰 설계 강우, 즉 지속기간 120분의 강우에 대해 Mononobe, Yen-Chow, Huff 분포를 이용하여 산정한 재현기간 10년, 30년, 50년, 100년의 설계강우는 침투통을 설치한 경우 6~14%의 유출저감율을 나타내었다.

셋째, 유출량 저감율은 재현기간이 클수록 다소 작게 나타났다. 이는 초기 침투능에 비해 침투통이 포화된 이후의 종기침투능이 작기 때문에 예상된 결과이기도 하다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심 기술연구 개발사업(03산학연C03-01)에 의한 도시홍수 재해관리 기술연구사업단의 연구성과입니다.

참고문헌

- 김병일(1999). "우리나라 권역별 대표확률 분포형에 의한 지역 빈도 해석" 국립금오공과대학교 학위논문.
- 국립방재연구소, 행정자치부(2000), "우수유출 저감시설의 적용을 위한 시범지역 운영방안", pp.141-155.
- 국립방재연구소, 행정자치부(2002), "우수유출저감시설 설치기법연구(V)".
- 국립방재연구소, 소방방재청(2004), "유역분담 저류지 확보 및 관리기술 개발(I) -도시유역의 분담저류 방식을 중심으로-".
- 국립방재연구소, 소방방재청(2004). "대표시험유역과 저류·침투시설운영을 통한 재해저감기법 개선(II)".
- 국립방재연구소, 소방방재청(2005), "우수유출저감시설 설치기법연구 종합보고서".
- 국립방재연구소, 소방방재청(2005), "우수유출저감시설의 유지관리지침(안) 작성 및 치수효과 분석".
- Jr., G. Allen Burton and Robert Pitt(2001), "Stormwater Effects Handbook".