

도시 소유역의 저류지 설계에 관한 최적 관리기술 연구

A Study on Best Management Practice for Detention Pond Design in Small Urban Catchment

박웅서*, 장석환**, 류근준***, 신철식****

WoongSeo Park, SukHwan Jang, KeunJoon Ryu, CheolShik Shin

요 지

우리나라는 하절기에 강우가 집중되고 있으며, 집중호우에 대한 도시 호우 피해사례가 최근 빈번히 발생하고 있다. 도시지역의 홍수유출량 저감 방안연구의 중요성에 대한 인식과 그 필요성이 절실한 상태이며, 그에 따라 본 연구에서는 대상 유역에 BMP를 적용한 저류지를 설치하여 첨두유량과 첨두시간의 저감 및 지체 효과를 분석하고, 그 결과를 효율적으로 활용하고자 한다. 대상의 모형은 SWMM 5.0(Storm Water Management Model 5.0)을 이용하여 모델링 하였으며, 강우자료는 건설교통부 관할 의정부관측소의 1975년에서 2004년까지의 시강우자료를 바탕으로 24시간 Huff분포형을 산정하여 모형에 적용하였다. 대상 유역에 저류지 설치 전과 BMP가 적용된 저류지 설치 후, 그리고 BMP가 적용되지 않은 저류지 설치 후를 상호 비교하여 BMP저류지의 효과를 분석하였다.

핵심용어 : 첨두홍수, 첨두시간, SWMM, BMP, 저류지

1. 서론

우리나라를 포함한 세계 각국은 여러 가지 형태의 자연재해로부터 인명과 재산의 손실을 줄이기 위하여 수많은 노력을 하고 있다. 하지만 최근 발생하는 자연재해의 형태는 점차로 대형화, 다양화되고 있으며, 태풍 루사(2002년)와 매미(2003년)로 인한 피해는 그 단적인 예라 할 수 있다.

특히, 우리나라 기상조건을 고려하면 하절기에 이상기온에 따라 강우가 집중되고 있으며, 최근 발생하는 호우에 의한 하천의 홍수유출특성을 살펴보면 단시간의 강우강도에 의해 하천 첨두유량의 크기가 좌우되며, 소유역의 경우는 홍수도달시간이 짧아져 하천에서의 홍수발생이 빈발하므로 유역 하류부에서의 적절한 홍수유출량 저감 방안이 필요한 실정이다. 또한 경제성장으로 인해 토지이용도가 변화함에 따라 지속적인 강우에 의한 홍수 피해가 높아지고 있으며, 파주(1996, 1998 및 1999년), 서울(2001년), 김해(2002년)의 집중호우에 대한 도시 호우 피해사례가 그 좋은 예이다.

국지적인 집중호우가 자주 발생하고 있는 우리나라는 수해를 해결하기 위한 항구적인 대책으로 유역에서의 집중호우로 인한 유출량 감소를 통해 하수도 하천으로의 유입부하량을 저감시킬 수 있는 대책이 필요하다. 홍수양상이 우리나라와 비슷한 일본에서는 주로 토지구획 정비사업이나 공업 단지조성사업 등의 프로젝트와 관련되어 대표적인 저류지가 설치되어 운영되고 있다. 따라서 본 연

* 정회원 · 한국시설안전공단 진단2본부 수리시설실 직원·공학석사 · E-mail : rainbowpus@hotmail.com
** 정회원 · 대진대학교 건설시스템공학과 교수·공학박사 · E-mail : drjang@daejin.ac.kr
*** 정회원 · 한국시설안전공단 진단2본부 수리시설실 실장·공학석사 · E-mail : ryukj@kistec.or.kr
**** 정회원 · 한국시설안전공단 진단2본부 수리시설실 팀장·공학박사 · E-mail : csshin@kistec.or.kr

구는 대상 유역에 BMP가 적용된 저류지 설치를 통하여 첨두홍수량의 저감과 첨두시간의 지체에 대해 분석하고 대상 유역에 최적화된 저류지를 설계하여 효율적으로 활용하고자 하는데 그 목적이 있다. BMP는 'Best Management Practice'의 약자로 저류지 내에 빈도 별 제어가 가능한 오리피스 또는 웨어를 설치하여, 유출 및 저류를 효과적으로 운영할 수 있도록 하는 방법이다.

2. 대상지역의 특성 및 강우분석

2.1 포천송우지구의 특성

본 연구의 대상 유역은 포천시 소흘읍의 송우지구로 선정하였다. 송우지구는 소흘읍 시가지 서측에 위치한 남고북저, 서고동저 형태의 구릉지로서 대륙성기후의 영향으로 여름철 장마에 의한 강수가 많아 다우지에 속한다. 유역은 총면적 629,474m²으로 주택건설용지로 50.9%, 공원과 녹지, 학교시설 등의 공공시설용지로 49.1%가 분할되어 사용되고 있다.

표 1. 송우지구 토지이용계획

구 분		면 적		구성비(%)
		m ²	평	
주택건설용지	단독주택용지	26,870	8,128	4.3
	공동주택용지	293,370	88,745	46.6
공공시설용지	공원 및 녹지	66,030	19,974	10.5
	학 교	88,070	26,641	14.0
	준주거용지	22,210	6,719	3.5
	도 로	109,294	33,061	17.3
	기 타	23,630	7,148	3.8

2.2 강우분석

본 연구에서는 대상지역의 확률강우량을 산정하기 위하여 건설교통부관할 의정부관측소의 1975년부터 2004년까지의 자료를 이용하여 확률강우량을 분석하였으며, K-S(Kolmogorov-Smirnov)검증방법을 통한 적합도 검증결과 적정분포형은 Gumbel 분포형으로 나타났다. 표 2는 산정된 빈도별 확률강우량이다.

표 2. 확률강우량 산정결과

관측소명	지속기간 (hr)	빈 도					확률분포형
		2년	10년	20년	50년	100년	
의 정 부	1	47.8	82.2	95.4	112.4	125.2	Gumbel
	2	65.5	116.4	135.9	161.0	179.9	
	4	89.8	161.7	189.1	224.5	251.2	
	6	104.5	186.8	218.2	258.9	289.4	
	8	117.1	205.6	239.3	283.0	315.8	
	12	134.7	235.0	273.3	322.9	360.1	
	18	149.5	256.5	297.4	350.3	390.1	
	24	160.7	237.4	316.5	372.3	414.1	

설계강우의 시간분포를 고려하기 위하여 해당 지점에 대한 강우의 시간적, 양적 특성을 고려할 수 있는 Huff분포를 적용하였다. 각 분위별 최빈 발생확률(50%)에 대한 무차원 누가우량곡선의 종거를 분석하였으며, 회귀분석을 통한 회귀다항식은 식 1과 같다.

$$Hf = -0.393F + 5.998Z - 5.936Z^2 + 1.338Z^3 \quad (2\text{분위}) \quad (\text{식 } 1)$$

분위별 무차원 누가우량에 따른 최적분위형은 제2분위이며, 그에 따른 24시간 설계분포형은 그림 1과 같다. 강우분포는 15분 간격이다.

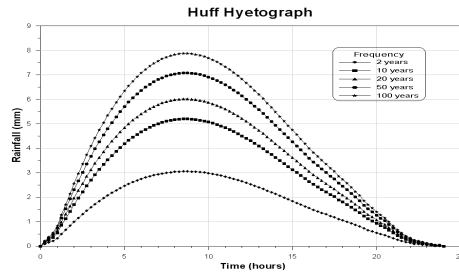


그림 1. 각 빈도별 설계강우분포형(Huff 분포)

3. SWMM을 이용한 저류지 설계분석

3.1 SWMM을 이용한 유출량 산정

본 연구에서는 포천송우지구의 유출량 산정과 가상저류지의 설치를 통한 침투홍수량의 제어를 연구하였으며, 대상 유역을 모의하기 위하여 SWMM 5.0을 사용하였다. 관로의 배치 및 유역의 활용 형태는 포천송우지구 대지조성 및 도시기반 시설공사 종합보고서(한국주택공사, 2001)를 참고하였다. 대상 유역의 모의에 사용된 특성인자들은 표 3과 같다.

표 3. SWMM에 적용한 유역의 특성인자

구 분	주거지역	녹지지역	기타지역
불투수율(%)	60	20	40
조도계수(n)	0.024	0.045	0.035
평균유역경사(%)	3	3	3

포천송우지구는 관로의 배치에 따라 7개의 소유역으로 분할되어 있으며, 그 중 유출량 및 침투유량이 비슷한 2개의 소유역을 채택하였다. 채택된 소유역은 관로번호에 따라 D, E번 소유역이며 본문에서는 I, II소유역으로 표기한다. 소유역의 내용은 표 4와 같다.

표 4. 포천송우지구의 100년 빈도 유출량, 침투유량 및 침투시간 (I, II소유역)

소유역	표기	면적		100년 빈도 유출량 (m ³)	침투유량 (m ³ /sec)	침투시간 (hour)
		m ²	%			
D	I	63,201	10.04	25,578	0.55	10
E	II	107,113	17.02	28,953	0.55	10.75

100년 빈도 홍수량은 $0.55\text{m}^3/\text{sec}$ 로 동일하며, 설계강우분포형을 적용한 유출수문곡선은 그림 2와 같다.

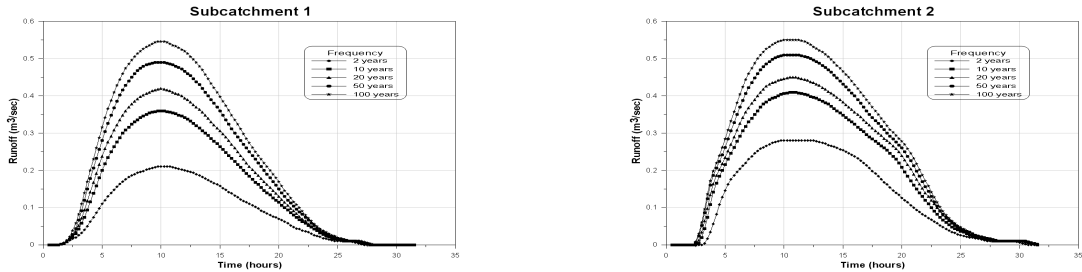


그림 2, I, II소유역의 빈도 별 유출수문곡선

3.2 BMP 저류지의 설계 및 분석

침투유량과 침투시간의 감소 및 지체를 확인하기 위하여 선택된 소유역의 유출구 지점에 BMP가 적용된 가상의 직육면체 저류지를 설치하였다. 대상 유역은 개발 전, 후의 도시화 진행도가 비슷하여 유출량의 차이가 미미한 관계로, 저류지의 용량을 가정하여 설계하고, 저류지 용량의 증가에 따른 침투유량과 시간의 감소 및 지체정도를 분석하였다.

BMP가 도입된 저류지의 형태는 그림 3과 같다.

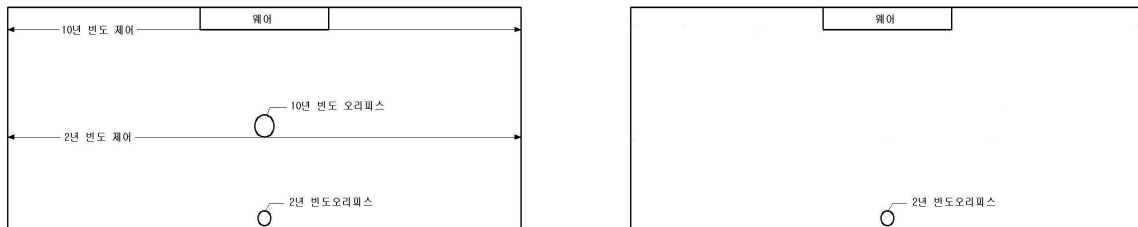


그림 3, I, II소유역의 저류지 모형

I 소유역은 100년 빈도 홍수유출량의 약 40% 용량인 $10,000\text{m}^3$ 을 최초 저류지 용량으로 산정하였으며, II소유역은 I 소유역의 침투시간보다 지체되어있고 유역면적이 크며 도달시간이 긴 것을 감안하여 100년 빈도 홍수유출량의 약 30%인 $8,100\text{m}^3$ 을 저류지 용량으로 산정하였다. I 소유역의 BMP 설치는 저류지 바닥면과 바닥으로부터 2m 높이에 2년과 10년 빈도를 제어 할 수 있도록 각각 D200mm, D300mm의 오리피스를 설치하고, 최상부에 $1.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 의 웨어를 설치하였다. 또한 II소유역은 바닥면에 D300mm의 오리피스를 설치하고, 최상부에 $1.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 의 웨어를 설치하였다.

산정된 용량을 기준으로 용량증가에 따른 침투유량 감소 폭 변화추이를 분석하였으며, 감소 폭이 최대로 나타나는 용량을 최적 설계저류지 용량으로 결정하였다. 100년 빈도를 기준으로 한 분석 결과, I 소유역은 $14,400\text{m}^3$, II소유역은 $12,100\text{m}^3$ 의 저류지 용량이 최적 저류지 용량으로 산정되었으며, 32.7%의 동일한 침투유량 감소효과와 I 소유역 5시간 30분, II소유역 6시간 45분의 침투시간 지체를 나타내었다.

3.3 BMP 적용 전, 후에 대한 침투유량 및 침투시간 변화

BMP 적용 전, 후에 대한 분석을 위해 3.2절에서 산정된 최적 설계저류지 용량을 기준으로 BMP를 설치 할 경우와 설치하지 않았을 경우에 대해 침투유량 및 침투시간을 산정하였다.

I 소유역에서 BMP가 적용되지 않은 일반 저류지의 경우 약 18.2%의 침투유량 감소와 3시간 45분의 침투시간 지체를 발생시켰으나, BMP가 적용된 저류지의 경우 약 32.7%의 침투유량 감소와 5시간 30분의 침투시간 지체가 발생하였다. 또한 II소유역의 경우 BMP가 적용되지 않은 저류지에서 1시간의 침투시간 지체만 발생하였으며, BMP가 적용된 저류지에서는 약 32.7%의 침투유량 감소와 6시간 45분의 침투시간 지체를 발생시켰다.

그림 4는 각 소유역에 대해 저류지가 없을 때와, BMP 적용 전, 후를 비교한 그래프이다.

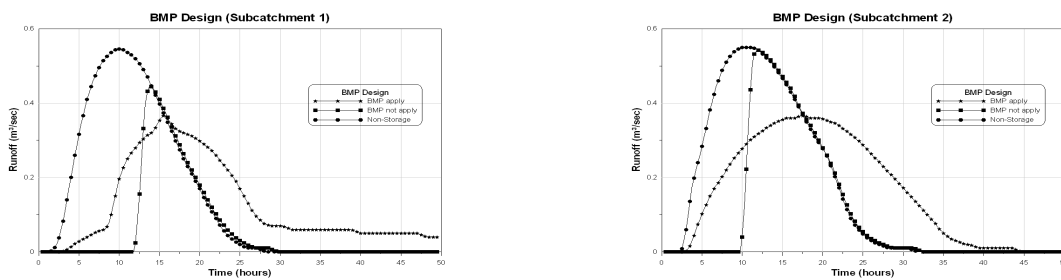


그림 4, I, II소유역의 저류지 조건 별 비교(100년 빈도)

4. 결론

본 연구에서는 포천송우지구를 대상으로 가상 저류지를 설치한 구역의 모형을 SWMM 5.0을 이용하여 모의 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. BMP가 적용되지 않은 저류지는 BMP가 적용된 저류지에 비해 침투유량의 감소폭이 적고 대체로 침투시간 지체에 국한되는 효과를 나타내었다.
2. 저류지가 설치되지 않은 소유역의 유출량에 대해 저류지 설치 시 BMP를 적용하는 것이 침투유량 감소와 침투시간 지체에 효과적인 것으로 분석되었다.
3. 본 연구의 결과 BMP 저류지 설치 시, 홍수에 대비한 최적화된 저류지를 설계할 수 있으며, 대상 구역의 하류하천 범람에 대비 할 수 있을 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 경기도 (1998), “포천천수계 하천정비 기본계획 재정비”
2. 포천시 (2003), “소하천정비종합계획 보고서”
3. 한국주택공사 (2001), “포천송우지구 대지조성 및 도시기반 시설공사 종합보고서”
4. Daeryong Park, Sukhwan Jang, Larry A. Roesner (2006), "*Multipurposed Detention Pond Design for Improved Watershed Management*", 한국수자원 학술발표회 논문집.