

강우의 특성을 고려한 쇄석저류지의 효율성 평가

Evaluation of the Efficiency of Crushed-Stone Detention Pond considering Rainfall Characteristics

김기욱*, 김경준**, 박창열***, 윤정수****, 유철상*****

Keewook Kim, Kyoungjun Kim, Changyeol Park, Jungsu Yoon, Chulsang Yoo

요 지

최근 도시지역의 확대와 고밀도화에 따른 도시근교의 산림, 논밭, 녹지 등이 감소하고, 도로나 건축물 등의 증가로 인해 불투수 유역이 확대되어, 원래 그 토지가 유지하고 있던 보수·유수 기능이 현저히 저하되고 있다. 그 결과 강우 시 표면 유출량의 증가와 유출시간의 단축이 현저하게 되고, 도시하천이나 하수도 유하 능력을 넘는 홍수가 자주 발생하고 있다. 또한 빗물 침투량이 줄어들어, 용천수 고갈, 하천의 평상시 유량감소가 나타나게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 유역 내에 저류시설과 침투시설 등 유출저감효과를 기대할 수 있는 여러 가지 시설의 활용방안이 꾸준히 모색되고 있다. 본 연구에서는 이러한 내배수 홍수분담 시설 중 저류와 침투의 기능을 모두 갖추고 있는 쇄석공극저류시설의 효율성을 분석하였다. 또한 쇄석저류지와 규모와 형태가 유사한 우수저류지와의 비교를 통해 상대적인 효율성을 평가하였다. 그 결과 두 시설이 같은 규모를 가진다고 가정할 때, 우수저류지가 쇄석저류지에 비하여 월등한 유출저감효과를 보이는 것으로 파악되었다.

핵심용어 : 내배수 홍수분담시설, 쇄석저류지, 우수저류지

1. 서 론

최근 도시지역의 개발사업으로 인해 불투수 지역이 확대되고 하천단면의 점용으로 인해 홍수위가 상승함에 따라 홍수재해의 취약성이 더욱 심화되고 있다(국립방재연구소, 2002). 이러한 모든 문제를 해결하기 위해, 우수지·조절지로 대표되는 저류시설과 침투받이·침투트랜치로 대표되는 침투시설을 많이 설치하여, 침투시설을 통하여 내린 비를 그 장소에서 땅속으로 침투시킴에 따라 유출억제효과뿐만 아니라, 지하수 함양에 의한 도시 물순환의 개선에 기여할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

본 연구에서는 저류지의 한 종류인 쇄석저류지의 설치에 따른 유출곡선지수(curve number; CN)의 변화 범위 정도를 파악함으로써 유역분담저류지의 확보 방안을 제시하고자 한다. 또한, 장기유출모의를 통해 쇄석저류지의 장기유출저감효과를 알아보하고자 하였다.

2. 쇄석저류지의 유출저감효과 평가

* 정회원·고려대학교 건축사회환경공학과 박사수료·E-mail: kkw5287@korea.ac.kr
** 정회원·고려대학교 건축사회환경공학과 박사수료·E-mail: guitar77@korea.ac.kr
*** 정회원·고려대학교 건축사회환경공학과 박사과정·E-mail: changyeol@korea.ac.kr
**** 정회원·고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정·E-mail: berserk_kr@korea.ac.kr
***** 정회원·고려대학교 건축사회환경공학과 교수·E-mail: envchul@korea.ac.kr

2.1 쇄석저류지

쇄석저류지는 쇄석 사이의 공극을 우수의 저류공간으로 이용하는 저류효과와 침투효과를 동시에 가지는 방법이다(국립방재연구소, 1999). 쇄석저류지는 다른 저류시설, 침투시설에 비하여 일반적으로 저렴하며, 시설의 계획규모 상의 융통성이 큰 장점을 가진다. 쇄석저류지는 그림 1과 같이 집수받이, 유입관, 월류관, 충전재, 모래부설 및 투수시트로 구성된다.

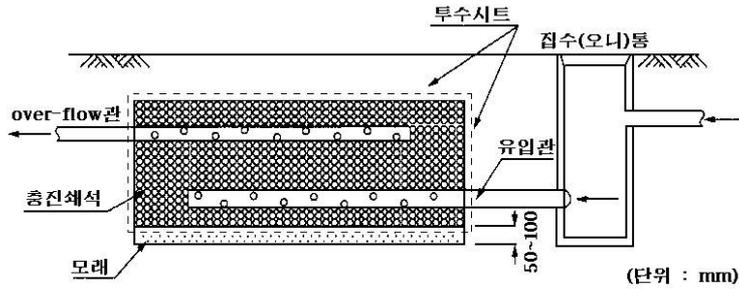


그림 1. 쇄석저류지의 표준구조도

2.2 쇄석저류지의 침투특성

강우가 발생하여 그림 1과 같은 쇄석공극 저류침투시설에 우수가 유입되면 유입된 우수는 시설의 측면과 바닥면을 통해 토양 속으로 침투된다. 측면과 바닥면을 통한 침투는 시설 내의 수위에 따라 달라지며 아울러 토양의 특성과 지하수위의 위치 등에 따라 변화하게 된다. 따라서 본 절에서는 쇄석공극 저류침투시설의 측면과 바닥면을 통한 침투특성을 파악해보고자 하였다. 이를 위해 2차원 불포화 침투해석이 가능한 SEEP/W 모형을 이용하였다.

토양형은 Sandy loam으로 가정하여 포화투수계수, 공극율을 각각 1.09 cm/hr, 0.412을 이용하였으며, 충전 쇄석의 공극율은 0.4로 가정하였다. 또한 시설의 다양한 크기를 고려하기 위해 바닥폭을 5, 10, 15, 20, 30, 40 m로 변화시켰으며, 시설의 깊이는 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4, 2.8 m로 변화시키며 모의를 수행하였다. 계산간격을 10분으로 하여 총 3시간을 모의하였으며, 모의기간 동안 측면 및 바닥면을 통한 최대의 침투량이 나타나도록 시설 내의 수위는 시설의 깊이와 일정하게 유지하였다.

그림 2를 보면 시설의 바닥폭이 깊이의 4.9배 이상이 되면 측면침투량이 바닥면 침투량의 10%가 되며, 바닥폭이 깊이의 6.9배 이상이 되면 측면침투량이 바닥면 침투량의 5%이하로 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 쇄석공극 저류침투시설의 유출저감효과 분석을 위한 침투모의 시 시설의 측면을 통한 침투량은 무시할 수 있을 것으로 판단된다.

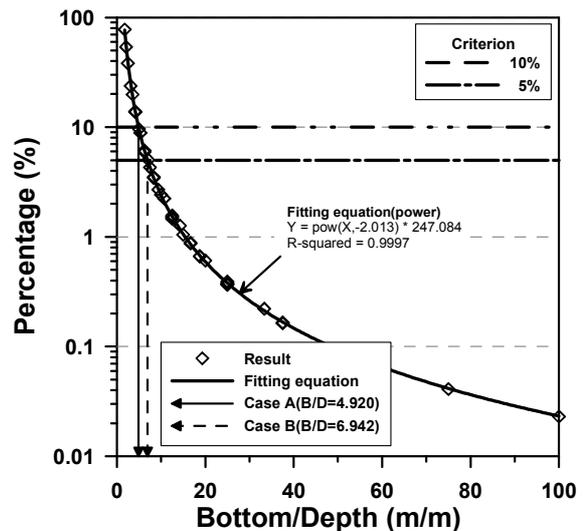


그림 2. 시설의 바닥폭에 대한 깊이의 비에 따른 측면 침투량의 비율

2.3 쇄석저류지의 설치에 따른 CN값의 변화

본 절에서는 쇄석저류지의 설치에 따른 CN값의 변화를 정량화하였다. 유역에서 발생한 강우는 쇄석저류지를 가득 채울 때까지 저류지로 유입된다고 가정하였으며, 저류지가 가득 채우고 남은 우수는 직접유출에 기여하는

것으로 가정하였다. 또한 저류지 내의 침투량은 Green-Ampt 방법을 이용하여 모의하였다. 아울러 침투모의 시, 저류지 내에 매 시간 저류지 수위만큼의 강우가 발생하는 것으로 가정하여 모의를 수행하였다.

모의를 위한 강우자료는 허준행 등(1999)이 제시한 강우강도식(식 1)을 이용하여 강우강도를 산정한 후, 이를 서울지점의 Huff방법에 의한 4분위 시간분포를 이용하여 단위시간별 강우량을 산정하여 사용하였다. 쇄석저류지의 면적비(저류지면적/유역면적)는 5%를 적용하였으며 강우의 재현기간은 20년을 적용하였다.

$$I(t, T) = \frac{153.07 + 144.53 \ln \frac{T}{t^{-0.1488}}}{0.6011 + 0.1562 \ln \frac{\sqrt{T}}{t} + \sqrt{t}} \quad (1)$$

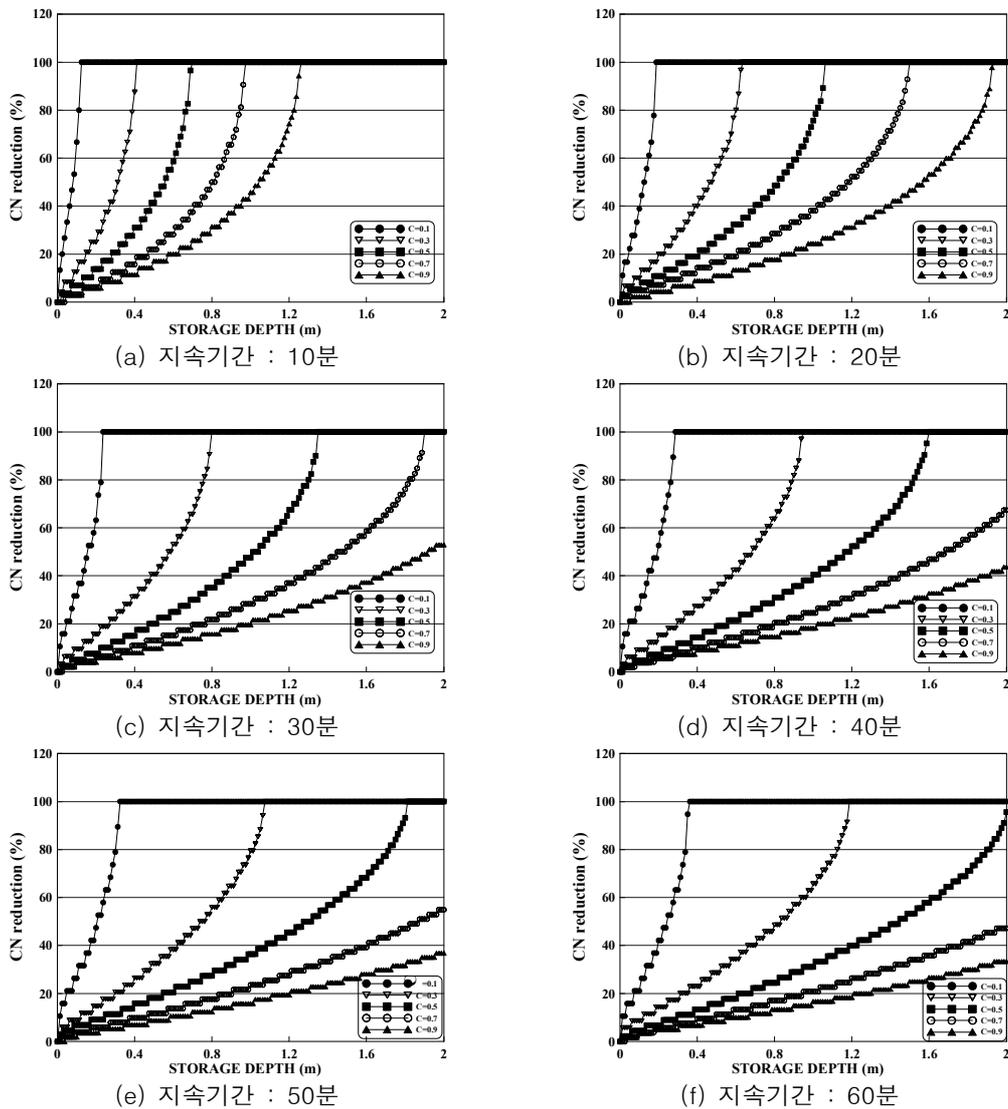


그림 3. 강우 지속시간별, 유출계수의 변화에 따른 CN값의 감소율 (재현기간 20년)

그림 3을 보면 시설의 깊이가 깊어질수록 CN값이 점점 빠르게 감소하는 것을 알 수 있다. 또한, 강우의 지속시간이 증가함에 따라 CN값이 감소하는 정도가 줄어들어 가는 것을 알 수 있다.

2.4 쇄석저류지의 설치에 의한 장기유출 저감효과 분석

본 절에서는 쇄석저류지를 설치함에 따라 실제로 얻을 수 있는 유출의 저감효과를 알아보았다. 또한 그 결과를 저류효과만을 가지는 우수저류지를 설치했을 경우와 비교해 보았다. 우수저류지의 경우, 우수의 유입은 쇄석저류지와 동일한 조건으로 발생하며 강우종료 후 12시간이 지나면 저류된 우수를 펌프를 이용해 모두 배수하는 것으로 가정하였다. 모의를 위한 강우자료로 기상청 서울지점의 41년 우기 시강우자료를 적용하였다.

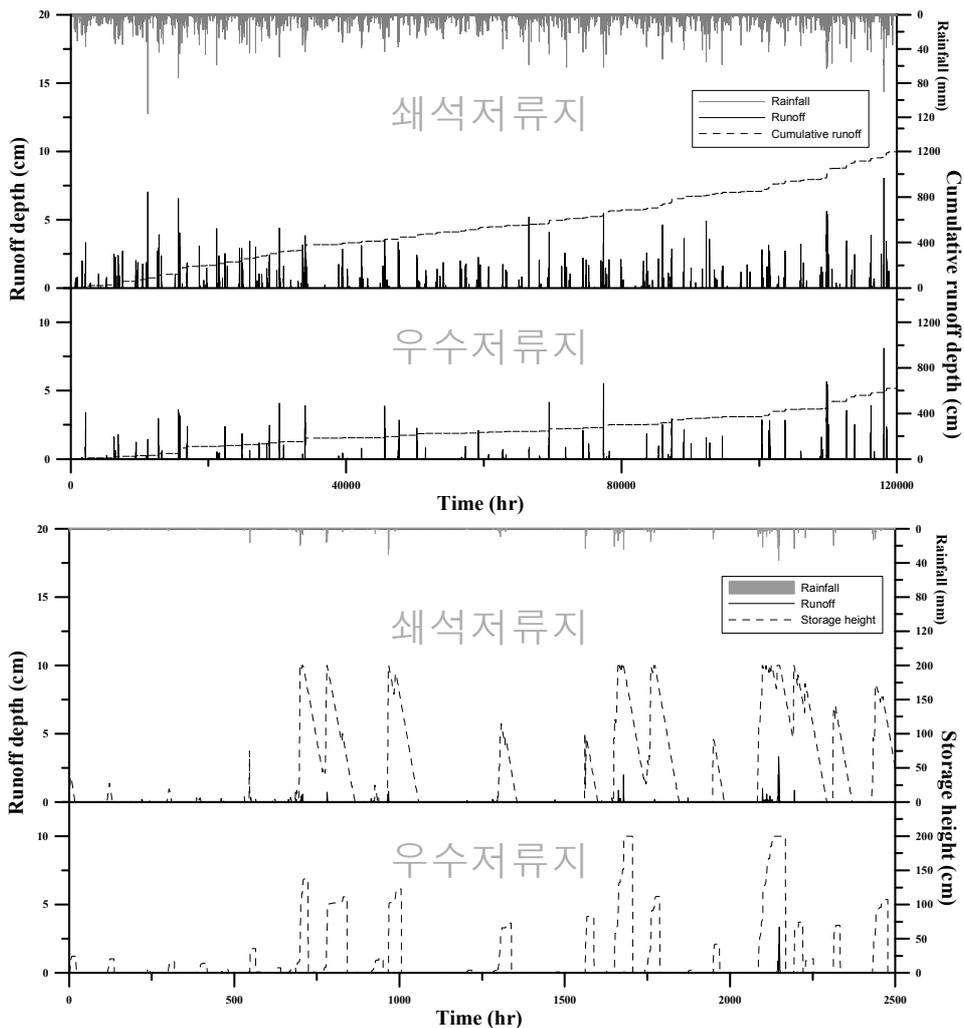


그림 4. 장기모의 시 쇄석저류지와 우수저류지에 대한 유출량 및 저류지 수위의 변화
(유출계수 0.9, 저류지깊이 2 m, 면적비 5%)

그림 4를 보면 쇄석저류지의 경우, 저류된 우수가 모두 침투되기 이전에 강우가 다시 발생하여 나타나는 유출이 저류시설에서는 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이러한 사실은 그림 5에서 더 분명히 확인할 수 있다. 또한, 이러한 차이에 의해 저류시설을 설치했을 경우, 같은 규모의 쇄석공극 저류침투시설을 설치했을 경우에 비하여 유출량이 절반 정도로 나타나는 것을 알 수 있다. 특히 그림 5와 같이 강우사상이 반복적으로 발생할 경우, 저류시설이 쇄석공극 저류침투시설에 비하여 월등한 유출저감효과를 보이는 것을 확인할 수 있

다.

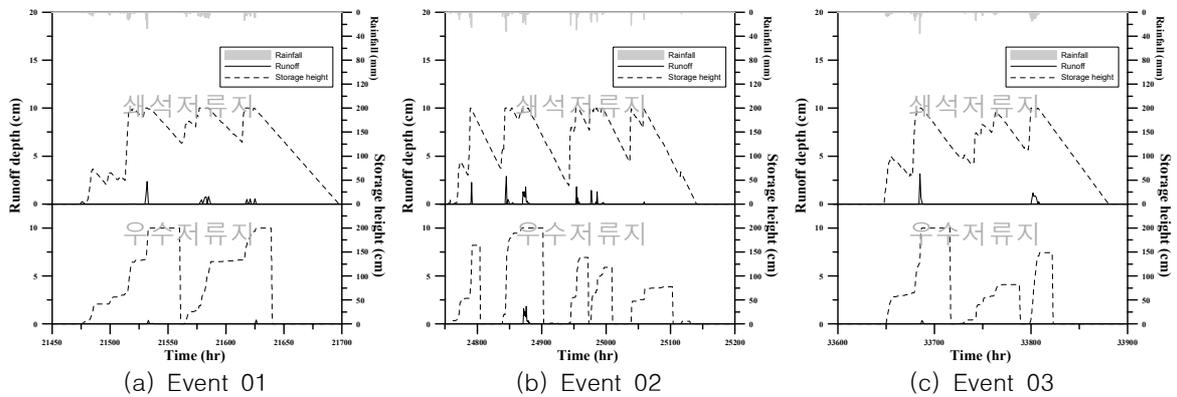


그림 5. 주요 강우사상에 대한 쇠석저류지와 우수저류지의 유출량 및 저류지 수위의 변화 (유출계수 0.9, 저류지깊이 2 m, 면적비 5%)

5. 결론

본 연구에서는 내배수 홍수분담시설 중 저류와 침투의 기능을 모두 갖추고 있는 쇠석공극저류시설의 효율성을 분석하였다. 또한 쇠석저류지와 규모와 형태가 유사한 우수저류지와의 비교를 통해 상대적인 효율성을 평가하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 쇠석저류지의 설치에 따른 CN값의 변화에 대한 분석 결과, 시설의 깊이가 깊어질수록 CN값이 점점 빠르게 감소하는 것을 알 수 있었다. 또한, 강우의 지속시간이 증가함에 따라 CN값이 감소하는 정도가 줄어들어 가는 것을 알 수 있었다.
- (2) 쇠석저류지와 우수저류지의 설치에 따른 장기유출저감효과 비교 결과, 쇠석저류지의 경우에서 저류된 우수가 모두 침투되기 이전에 강우가 다시 발생하여 나타나는 유출이 저류시설에서는 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 특히 강우사상이 반복적으로 발생할 경우, 저류시설이 쇠석공극 저류침투시설에 비하여 월등한 유출저감효과를 보이는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구의 결과는 내배수 홍수분담시설 설치를 위한 의사결정 시 유용한 기초자료로 고려될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(NEMA-06-NH-03-03) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

1. 국립방재연구소(1999). 우수유출저감시설 설치기법 연구(II). 368 p.
2. 국립방재연구소(2002). 우수유출저감시설 설치기법 연구(V). 218 p.
3. 건설교통부(2000). 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서: 1. 한국 확률강우량도 작성. 292 p.