

연구논문

국내 공동주택단지 자연 순응형 빗물관리시설 사례 분석

현경학 · 장선영 · 안성식

대한주택공사 주택도시연구원 환경연구팀
(2006년 1월 12일 접수, 2006년 3월 29일 승인)

Nature-adapted Rainwater Management Facility Cases in Korean Apartment Complexes

Hyun, Kyoung Hak · Chang, Sun Young · Ahn, Sung Sik

Environmental Research Team in Housing & Urban Research Institute
Korea National Housing Corporation

(Manuscript received 12 January 2006; accepted 29 March 2006)

Abstract

In Korea, an environment-friendly concept of "rain re-cycling" was initially introduced in apartment complex planning and designs in the late 1990s. Although its application cases are extremely few, with the growing importance of rainwater utilization, introduction of rainwater management facilities in urban areas began to draw keen attention.

In urban areas also, plans to introduce rainwater management facilities in apartment complexes as infrastructure improving living environment, such as sewage treatment facilities are very urgently required. In order to introduce rainwater management facilities as infrastructure in an apartment complex, apartment complex cases that had introduced the facilities were reviewed first.

In this study, a few applied rainwater management facilities in an apartment complex were surveyed(Infiltration barrel, Rubble porosity storage tank, Underground storage tank). As a result, problems in introducing rainwater management facilities in apartment complexes in Korea were identified.

Key words : Rainwater management facilities, Rain re-cycling, Rainwater detention & infiltration

1. 서론

1990년대 후반부터 빗물 재이용 움직임이 공동주

택 단지 계획 및 설계에 등장하기 시작하였다. 아직 그 적용 사례는 극히 일부에 지나지 않으나, 최근 빗물 침투, 저류 및 활용에 대한 중요성이 부각되기 시

작하면서 단지 및 도시에서의 자연 순응형(분산식) 빗물관리시설이 중요한 관심사항이 되었다.

오래전부터 선진 외국에서는 도시 홍수를 예방하고, 수자원을 보다 손쉽게 생활주변에서 확보하며, 도시환경을 개선함에 있어 유용한 자원으로 빗물을 인식하여 왔다. 우리는 아파트와 같은 공동주거 공간이 50% 이상이다. 이러한 공동 공간에서의 빗물의 침투, 저류 및 활용 시설의 적용은 주민 사회의 커뮤니티 형성, 미기후 조성 및 개발에 따른 비점오염원 부하량의 저감 등의 효과를 더욱 높일 수 있다. 따라서 공동주택단지에서의 자연 순응형 빗물관리시설의 적용을 상수도 시설과 같은 기반시스템과 같은 성격으로 보고, 이를 적용하기 위한 방안을 모색할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 빗물관리시설을 공동주택단지에서 기반시스템으로 적용하기 위해 먼저 공동주택단지에 개별적으로 적용한 사례들을 분석하였다.

II. 빗물관리시설의 정의, 종류, 설치시 유의사항

1. 빗물관리시설의 정의

자연 순응형 빗물관리시설은 내리는 빗물을 그 자리에 최대한 머무르게 하고, 침투시켜 우수의 유출을 억제하고, 보수와 저류 기능을 강화시키며, 도시화로 인한 홍수의 증가와 하천의 건천화를 방지하고, 수질환경의 악화 등을 억제하며, 수순환 기능을 복원하는 빗물 침투·저류 및 활용 시설로 정의해볼 수 있다.

2. 종류

국내외 문헌에 의하면 빗물관리시설의 종류에는 빗물을 일시적으로 저류시켜 침투 유출량과 유출 속도를 줄이나 유출 총량은 같은 저류형과 지표면을 통해 지하로 빗물을 침투시켜 우수 유출량을 저감시키는 침투형으로 구분할 수 있다.

저류형 빗물관리시설은 지역 내 저류시설과 지역 외 저류시설로 구분할 수 있다. 지역 내 저류시설로는 아파트 동간저류, 주차장저류, 공원저류, 운동장저류, 지붕저류 등이 있으며, 지역 외 저류시설로는

전용저류, 지하저류, 다단저류, 지면저류 등이 있다. 침투형 빗물관리시설은 침투법, 우물법, 저류침투시설로 구분할 수 있으며, 구체적인 시설로는 침투트렌치, 침투측구, 침투정, 투수성 포장, 습식우물, 건식우물, 침투지, 쇄석공극 저류 등이 있다(住宅都市公團, 1987)(서울시정개발연구원, 1999).

3. 빗물관리시설 설치시 유의사항

빗물 저류 및 침투시설을 계획하고 설계할 때는 계획 대상지의 입지 조건과 하수도 계획 등 관련 계획을 파악하고, 수문, 및 지반 조사 등의 기본조사를 실시한다. 빗물관리시설은 지역의 지형, 지질, 주변 토지이용 현황, 집수 및 배수계통 등을 고려하여 유출을 줄일 수 있어야 한다.¹⁾

1) 기존 지하 구조물에 대한 고려

지하수위가 높은 구역(지하수위가 지표면의 1m 이내)이나 기존 침투시설에 인접한 구역에 설치하는 경우에는 주의하여야 한다. 토사, 잡배수 및 쓰레기 등의 유입이 없는 장소에 설치하고, 투수성이 좋은 지반에 설치할수록 효과적이다.

특히, 상수 공급을 위한 지하저수조는 단지경계선 및 위생상 유해시설(오수처리시설, 배수관, 도로 측구)로부터 5m 이상 이격하여 단일구조로 설치하거나 5m 이내인 경우에는 이중구조로 설치하여야 한다. 따라서 빗물 침투, 저류 및 활용 시설도 지하저수조와 5m 이상 격리하여 설치하는 것이 좋다.

2) 사면·옹벽 근접구역에서의 안전거리 확보

침투시설을 사면과 옹벽 등에 근접해서 설치하는 경우에는 그 높이에 따른 안전거리를 확보하여야 한다. 침투 시설은 급경사지 구역, 땅 미끄럼 위험구역, 옹벽 및 사면 상부 구역 및 인접 구역에는 설치하지 않도록 한다.

3) 지반의 투수성 고려

지반의 투수성을 고려하여 설치 효과가 큰 구역을 선정한다. 투수계수 K가 10^{-5} cm/sec 이하인 경우에는 침투 효과를 그다지 기대할 수 없다. 침투시설을

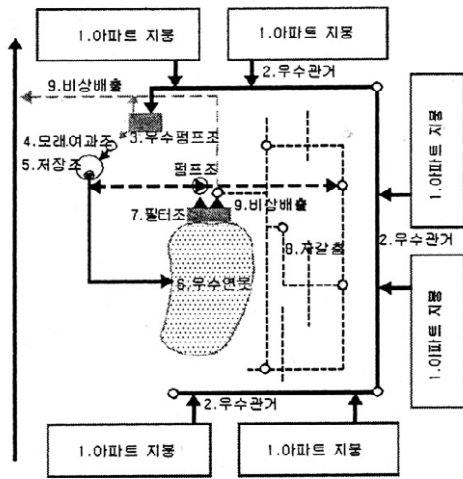


그림 2. 슈베리너 중정의 우수처리도

류조로 모아 화장실용수, 정원용수, 세차용수로 이용할 수 있도록 하고 있다.

베를린에 위치한 4,500세대의 헬레스도르프(Hellersdorf) 주거단지를 그 예로 들 수 있다. 이 단지는 빗물을 최대한 단지 내에서 저류 및 침투시키기 위하여 단지 내 아파트 주동사이의 중정인 슈베리너 호프(Schweriner Hof)에 빗물 시스템을 도입하였다. 주동의 지붕 빗물을 흡통받이와 관을 통해 우수 펌프조로 흘러 들어가게 하고, 모래 여과조(1차 빗물정화)를 거친 후 우수 저장조로 유입시키고 있다. 저장조의 빗물은 연못 수량을 기준으로 하여 연못으로 방출한다. 이는 연못의 수위를 일정하게 유지하기 위해서이다. 연못의 물은 부유물을 필터로 거른 후 다시 연못으로 순환된다. 집중호우나 강우량이 많을 경우, 빗물은 비상배출구를 통해 우수관으로 연결하여 처리한다. 운영기간 중 자료에 의한 물 수지 분석 결과를 보면, 전체 손실 우수량 3%, 증발량 33%, 빗물 침투율 64%로, 매우 높은 침투율을 보이고 있다(이태구, 2000).

2. 국내 빗물관리시설 적용 사례

앞에서 살펴본 빗물관리시설 중 현재 국내 공동주택단지에 적용된 것으로는 ① 침투정, ② 지하쇄석 공극저류조, ③ 지하저류조 등이 있다. 각 시설별 개요 및 적용사례는 다음과 같다.

1) 침투정

침투정은 본체와 주변을 쇠석으로 충전하여 빗물을 측면 및 바닥으로 침투시키는 구조이다. 침투정은 대개 녹지 집수정, 도로 빗물받이 등의 위치에 설치한다. 다른 침투시설에 비해 설치 면적이 작고, 불투수성 표면 인근에서도 이용이 가능하지만, 토사 등의 유입에 따른 관리에 주의해야 한다. 침투정은 본체, 충전쇄석, 모래, 투수시트, 연결관 및 막힘 방지 시설 등으로 구성된다(국립방재연구소, 2001).

침투정 하나만으로는 충분한 유출저감 효과를 가질 수 없는 경우에는 침투트렌치나 침투측구 등과 조합하여 설치하면 된다. 다른 시설과 조합하여 설치하는 경우에는 집수면적과 처리 용량이 달라진다. 침투정을 침투트렌치나 침투측구 등과 조합하여 설치하는 경우 침투량은 증가되지만 그에 따른 설치 비용 역시 증가한다.

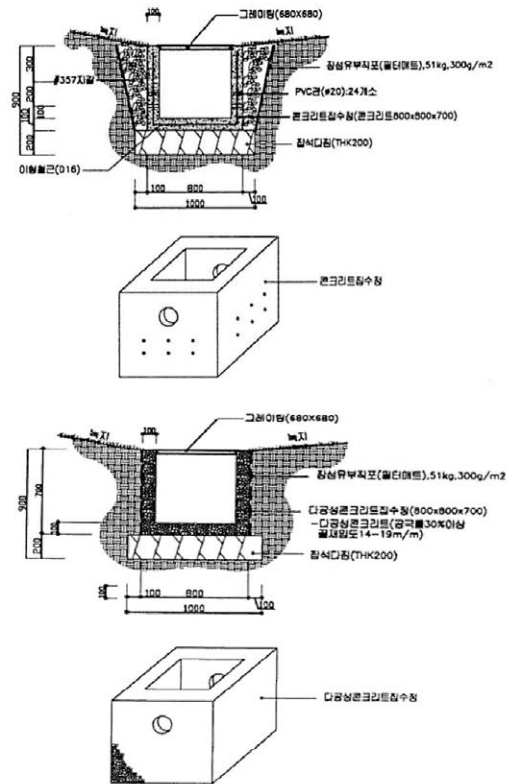


그림 3. 다공성 콘크리트 침투정 (상 : 콘크리트, 하 : 다공성 콘크리트)(대한주택공사, 2003)

침투정이 적용된 사례는 경기도 용인 S 지구에 위치한 주공 아파트단지이다.⁴⁾ 이 단지에서는 옥상의 빗물과 주거동 주변의 빗물을 침투정(다공성 콘크리트)을 거쳐 실개울로 유입시키거나 지중으로 침투시키고 있다. 기본적인 배수체계는 빗물 → 홈통받이 → 우수 횡수관 → 집수정 → 연락관 → 맨홀, 우수 지선관이다.

침투정이 설치된 주동 주변에는 기존 배수시설(집수정)이 설치되어 있어 빗물의 침투효과를 떨어뜨리고 있으며, 기존 배수체계(지선, 간선)와 빗물침투시설과의 연결성이 부족하다. 고품물 유입이나 토사유입을 제어하기 위해서 아래 그림과 같이 다공성 콘크리트, 침투정 상부 및 측면에서는 부직포를 설치하였다.

용인 S 지구의 경우 주동 주변에는 기존 배수시설(집수정)이 설치되어 있어 빗물의 침투효과를 떨어뜨리고 있으며, 기존 배수체계와 빗물관리시설과의 연결성이 부족한 것으로 조사되었다.

2) 지하쇄석 공극저류조

쇄석공극 저류조는 공극률이 높은 재료를 충전한 공간에 우수를 유도하여 저류시킴과 동시에 측면과 저면으로 침투시키거나 저류 기능만을 수행하는 구조로 구분된다. 쇄석공극 저류조는 저류, 침투 및 정화 기능을 동시에 수행하며, 형태와 규모를 자유롭게 할 수 있다.

저류기능만을 수행하는 경우에는 저류 빗물이 어느 정도 정화되므로 그 활용을 검토하는 것이 좋다. 빗물을 활용하고자 하지 않는다면 침투기능을 두어 저류 후에 서서히 침투하게 하는 방법도 있다. 침투 기능이 없으면, 저류 후에 다음 강우에 대비하고자 펌프를 이용하여 저류 빗물을 배수하는 노력이 따르기 때문이다.

지하 공간을 사용하므로 별도의 설치공간을 확보할 필요가 없어 부지 활용면에서 매우 우수하며, 상



그림 4. 다공성 콘크리트 침투정

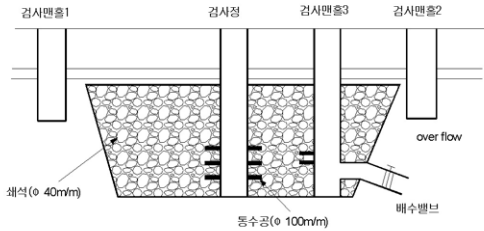


그림 5. 지하쇄석 공극저류조 단면도

부를 도로, 주차장, 녹지, 스포츠시설 등으로 활용할 수 있다. 쇄석공극 저류조는 유입관, 월류관, 채움재, 굵은 모래 및 투수시트 등으로 구성된다.

쇄석공극 저류조로 유입되는 토사에 의한 공극의 폐쇄나 침투기능 저하를 방지하기 위하여 유입 전에 막힘을 방지하기 위한 집수정, 침사지 등의 토사 제어 시설 등이 필요하다. 즉, 유입 맨홀부 집수관 부분에서 침사, 침전 기능을 수행하도록 설계하며, 개폐가 가능한 월류 수문을 설치할 수도 있다. 채움 재료로는 공극률이 0.5 정도로 높고 상재하중과 측방압력에 충분한 내력을 지닌 재료를 사용한다. 빗물의 원활한 유입을 위해서는 저류조의 공기가 소통할 수 있는 통기구가 필요하며, 유입 전에 침사지 등을 거치도록 하여 오염물 유입을 최대한 방지할 필요가 있다. 다음 그림 5는 쇄석공극저류조의 단면도이다.

분당 J 지구는 놀이터 옆 녹지대 지하에 쇄석공극 저류조를 설치한 사례이다(대한주택공사, 1993).⁵⁾ 설치된 지하쇄석 공극저류조는 저류 기능만을 가지도록 설계되었으나, 시공시 침투기능이 추가되었다. 또한 시설 내에 별도의 저류 부분을 설계하여 우수의 유효 이용을 도모할 수도 있다.

분당 J 지구 지하쇄석 공극저류조의 개발전·후의 모습은 다음 그림 6과 같다.

지하쇄석 공극저류조 위에는 나무를 식재하여 단지 녹지 공간으로 조성하였다. 총 집수대상 유역면적은 4,200m², 쇄석저류조 규모는 130m³이다. 저류가 가능한 물의 양은 약 60m³정도이다. 충전된 쇄석은 입경 40mm, 단위중량 $\gamma_d=1.38t/m^3$, 공극비 $e=0.967$ 및 공극율 $n=0.49$ 이다.

쇄석공극 저류조를 통과한 우수 수질에 차이가 있

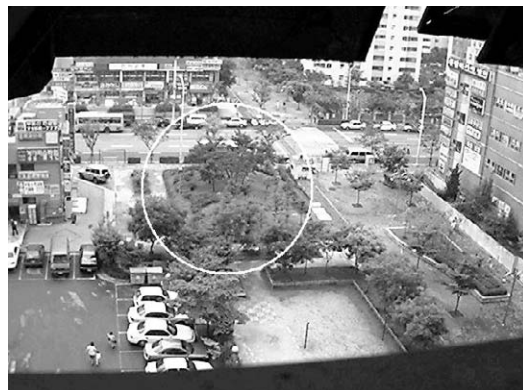


그림 6. 쇄석공극 저류조의 개발 전, 후

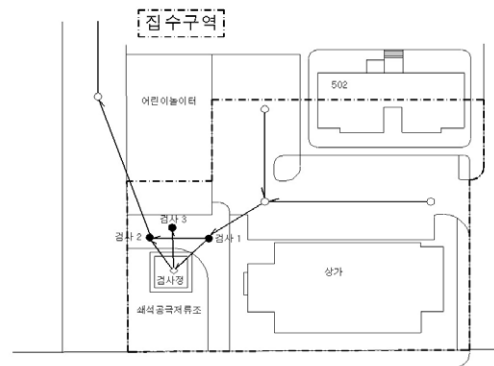


그림 7. 쇄석공극 저류조의 집수구역

는지 파악하기 위해 쇄석공극 저류조 유입 전과 유입 후 맨홀에서 시료를 채수하였다. 지난 1월에 쇄석공극 저류조 유입전과 유입후의 수질조사를 한 결과는 다음 표 1과 같다. 겨울철 동안 강우량이 작아서 쇄석 저류조 유입 전에는 오염정도가 증가했던 것으로 보이며, 저류조 내 체류시간의 증가로 유출 후에는 수

표 1. 유입맨홀과 유출맨홀의 수질('05. 1. 24)

검사항목	유입맨홀	유출맨홀
온도(°C)	9°C	11°C
COD(mg/l)	281.1	9.6
BOD(mg/l)	119.2	12.8
TN(mg/l)	35.783	0.891
TP(mg/l)	7.393	0.163
총대장균군수(MPN/100m)	266,090	23,590
납(mg/l)	-	-
카드뮴(mg/l)	-	-
동(mg/l)	0.020	0.027
아연(mg/l)	0.037	0.006
철(mg/l)	2.621	-

질이 비교적 깨끗하게 나타난 것으로 보인다.

다만, 총대장균군(total coliforms)이 유출 맨홀에서 23,590(MPN/100m)로 나타남으로써 이후 저류조 빗물을 이용하고자 하는 경우에는 소독 과정에 대

한 검토가 필요할 것으로 보인다. 또한 퇴적토사 및 기타 이물질 제거 등 지속적인 관리가 필요할 것으로 보인다.

3) 지하 저류조 및 계곡수 이용

지하 저류조는 우수저류시설을 지하에 설치한 것으로 지하부를 주차장, 공원 등 다른 용도로 이용할 수 있도록 구조화한 것으로써 땅 값이 비싼 시가지에 설치하는 것이 일반적이고, 토지이용 효율면에서 상부의 토지를 활용할 수 있는 장점이 있다. 저류조 설계높이는 청소 및 유지관리를 위해 사람의 출입이 가능하도록 2m 이상으로 하는 것이 바람직하다. 설계에 있어 가장 중요한 요소는 시설의 관리문제이다.

부산 G 지구⁶⁾ 지하 저류조는 단지 건설시 지자체의 요구로 홍수 조절에 초점을 두고, 지하에 설치된 사례이다. 상부공간은 배드민턴장으로 이용함으로써 부지 활용도를 높였다. 저류조 규모는 2,050ton이다.

부산 D 지구는 1999년 11월 준공한 단지로 남동경

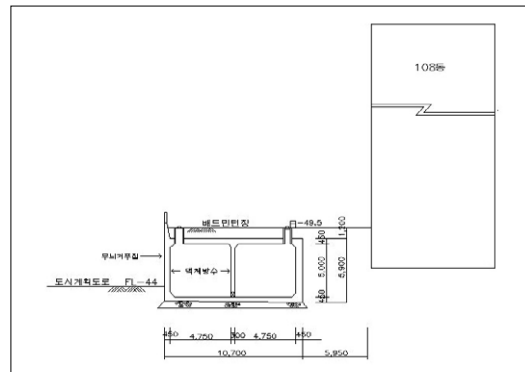
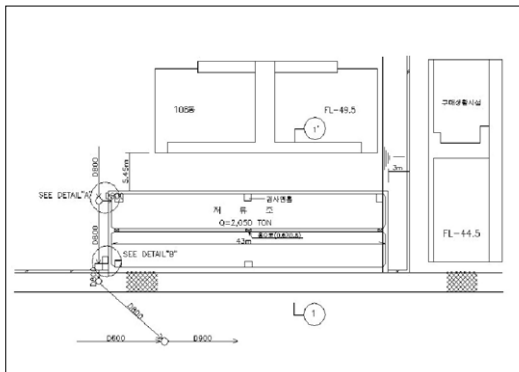


그림 8. 부산 G 지구 지하 저류조

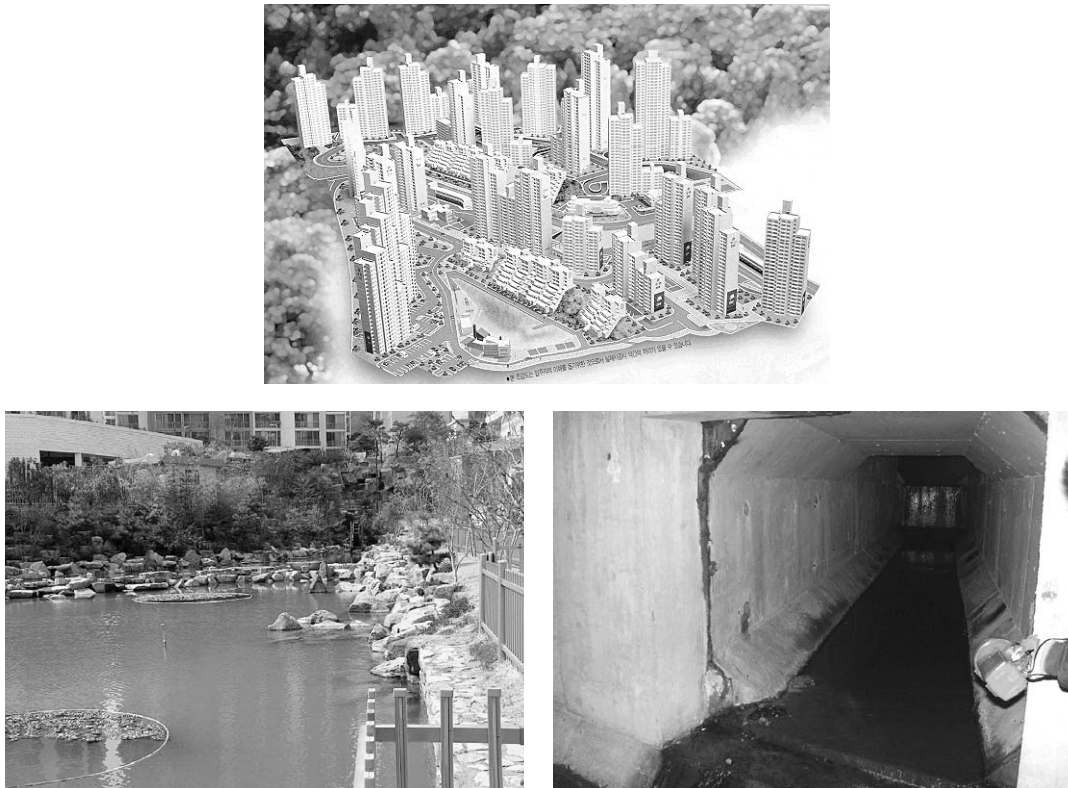


그림 9. 부산 D 지구 조감도, 연못, 계곡수 유입 우수암거

사면의 경사가 평균 25%인 급경사지로 산으로부터 흘러내리는 수계가 형성되어 풍부한 수량을 가지고 있다.

D 지구에 조성된 연못은 약 500평의 크기에 저수량이 약 750m³에 달하고, 수원은 계곡에서 내리는 계곡수를 이용하고 있으며, 비상용으로 지하수를 공급하고 있다. 계곡수는 단지 외곽에서 두 개의 암거 박스로 흘러들러가 단지 내 저류연못으로 유입된다. 강우 초기에는 계곡의 부유물이 연못으로 유입되어 수질 관리에 문제가 발생한다. 다음 그림 9는 D지구 조감도와 지구내 조성된 연못 및 계곡수 유입 우수암거의 사진이다.

특히, 단지 도로 빗물받이의 초기 오염우수가 유입되어 연못의 물고기가 죽은 사례가 있을 정도로 초기 오염우수에 대한 관리가 필요하다. 연못은 계곡수와 지하수를 7:3의 비율로 하여 물을 공급받고 있으며, 지하수 사용량에 근거하여 하수도세를 납부하고

있다.

계곡수는 여름철 가뭄(갈수기)기를 제외하고는 계속 유입되어 지하수는 보조수원으로 사용되고 있다. 다만, 여름철에 계곡수만 유입되는 경우에는 녹조가 발생하기도 하여 유입 계곡수의 전처리와 단지 내 빗물받이를 통한 초기오염우수 정화가 연못 수질관리의 관건으로 보인다.

IV. 결 론

국내 공동주택단지에 적용된 빗물관리시설은 1990년대 말에서 2000년대 초반에 준공된 단지에 일부 적용되었으며, 단위시설들을 실험 목적으로 개별적으로 설치한 사례들이다. ‘빗물의 침투, 저류 및 활용’을 목적으로 단지 내 기반시설로써 단지 유역 전체를 대상으로 하여 빗물의 유출을 제어하는 시스템적 성격을 지닌 사례들은 아니다.

최근 공동주택단지 계획안에서는 기존의 빗물처리 방식에 대한 문제인식으로 빗물침투 및 저류에 대한 적용(설치예정)이 이루어지고 있으나 빗물 저류조 등 주로 단위시설들의 적용에 그치고 있다.

공동주택단지에서의 빗물관리시설의 적용은 단위시설의 개별 적용이 아닌 각 빗물관리시설간의 연계와 기존 배수체계와의 연결 및 단지 유역 전체 차원의 개발 후 유출증가량의 제어, 초기오염 우수의 저감 및 수순환의 복원을 고려한 단지 내 기반시설로서의 적용이어야 한다. 즉, 빗물도 발생원에서 수량 및 수질을 관리하는 방향으로 인식을 전환할 필요가 있다.

공동주택단지에 적용이 용이한 빗물관리시설에는 '도랑(잔디, 자갈), 침투트렌치, 침투정, 침투측구, 지하쇄석 공극저류조 및 지하 저류조' 등이 있다. 공동주택단지에서 빗물관리시설을 적용할 만한 곳은 놀이터, 주민운동시설, 조정시설 및 커뮤니티 공간 등이다. 이외에 동 지하실이나 지하주차장의 일부를 활용할 수도 있다. 공동주택단지 내에서 빗물관리시설을 적용하기 용이한 이들 공간에 대해서는 빗물관리시설의 적용 방안과 지침 등의 마련이 필요하다.

국내 빗물관리시설의 적용사례를 각각 살펴본 결론은 다음과 같다.

- 침투정이 설치된 용인 S 지구 주동 주변에는 기존 배수시설(집수정)이 설치되어 있어 빗물의 침투효과를 떨어뜨리고 있으며, 기존 배수체계(지선, 간선)와 빗물침투시설과의 연결성이 부족하다.

- 분당 J 지구 쇄석공극 저류조는 상부 부지를 녹지공간으로 잘 활용한 사례이나, 총대장균군이 매우 높게 측정되어 향후 쇄석공극 저류조의 빗물을 이용하고자 할 경우 별도의 소독과정이 필요할 것으로 보인다. 또한, 퇴적 토사 제거 등 지속적인 관리가 필요할 것으로 보인다.

- 계곡수를 연못으로 유입하여 사용하는 경우 초기오염원 제어에 대한 고려가 전무하여 이에 대한 전처리가 필요한 것으로 분석되었다. 따라서 강우 초기의 오염 계곡수 및 도로 빗물을 처리하기 위해 배수체계로 유입되기 전에 빗물받이 등에서의 전처리 장치 등의 시설을 유기적으로 설치할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업 중 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 4-3-2)에 의해 수행되었음에 감사드립니다.

註

- 1) 빗물관리시설의 설치를 검토하고, 그 방식을 결정할 때 기본적인 고려사항은 다음과 같다.
 - 수순환 복원 및 수질환경을 개선할 수 있어야 한다.
 - 치수 및 구조 측면에서 안정성이 확보되어야 한다.
 - 토지 이용에 효과적이고 지장이 없어야 한다.
 - 시공이 쉽고 이용 및 유지관리가 쉬워야 한다.
- 2) 도면상에 ‘.’로 표시
- 3) 단지 내 상가 및 주민복지관과 같은 근린생활시설의 옥상 빗물도 이와 같은 방식으로 처리된다.
- 4) 1998년 12월에 준공된 단지로 낮은 구릉지가 에워싸고 있으며, 동에서 서쪽으로 흐르는 계곡수의 수량이 풍부하여 이 계곡수를 단지 내부로 유입시켜 실개천을 조성
- 5) 지하유수지의 실험적 연구(대한주택공사, 1993)의 일환으로 설치
- 6) 1998년말 입주

참고문헌

- 국립방재연구소, 2001, 우수유출 저감시설 설치기법 연구(IV), 국립방재연구소.
- 대한주택공사, 1993, 지하유수지의 실험적 연구, 대한주택공사.
- 대한주택공사, 2003, 조정표준설계도집, 대한주택공사.
- 대한주택공사, 2004, 토목설계지침, 대한주택공사.
- 서울시정개발연구원, 1999, 우수유출저감시설 기준 연구, 서울시정개발연구원.
- 이태구, 2000, 주거단지의 친환경적우수처리 실태에 관한 연구, 한국주거학회지, 11(2).
- 住宅都市公園, 1987, 住宅團地土木施設 設計要領(案) 雨水流抑制施設.