

공동주택단지 내 인공지반 녹지조성 형태에 따른 우수유출 저감효과

A Study on Runoff Water Reduction Effects According to Shapes of Formation of Artificial Soil Green Area in Multi-Housing Complex

남미아* 장대희** 김현수***
Nam, Mi A Jang, Dae Hee Kim, Hyeon Soo

Abstract

This study aims to analyze, by forming an experimental area of artificial soil green area that is of equal scale and analyzing the characteristics of runoff water in accordance with the cross-section configuration, applied the benefits in an actual multi-housing case study complex. In examining the measurement test results of the runoff water infiltration amount and surface runoff amount of a low-profile type green area(Dish type) and a general type green area(Mound type), Dish type was seen to have 1.5-times higher runoff water infiltration amount than Mound type during heavy rainfalls and showed about a 50% reduction with respect to the surface runoff amount. In other words, artificial soil green area offers the benefit of reduction of surface runoff amount and suggests, in actuality even with a change to the cross-sectional configuration of artificial soil green area alone at the time of construction of multi-housings, the possibility of benefits and reduction of costs spent on existing rainwater management facilities.

키워드 : 우수유출량, 우수 침투량, 합리식

Keywords : Runoff Water Amount, Runoff Infiltration Amount, Rational Formula

1. 서론

1.1 연구 배경과 목적

도시는 인간 활동의 중심지로서 급속한 개발과 확대에 의한 자연녹지의 감소, 주택·공장·도로 등 아스팔트와 콘크리트 등으로 이루어진 불투수면적의 증가로 인해 도시 열섬화, 도시홍수, 지하수 고갈 등의 환경문제가 심각해지고 있다. 특히 도시개발로 인한 불투수포장의 증가는 우수의 유출량을 증가시켜 도시홍수를 유발한다. 그리고 동시에 도시의 물순환체계에 혼란을 일으켜 궁극적으로 도시 생태문제를 일으키는 주요원인으로 부각되고 있다.

하천에서 분담하지 못하는 홍수량은 유역에서 저류하며, 기존의 치수사업에서 고려되지 않았던 내수배제시설 및 저류시설을 이용한 대응방안이 필요하다(윤용남, 안재현, 2005; 이한세, 2005). 기존의 중앙집중형 빗물관리 개념에서 분산형 빗물관리개념으로 전환이 대두되고 있는 시점에서 인공지반녹지는 이와 같은 도시의 생태적 문제 해결과 에너지 절약을 동시에 만족시키며, 지속가능한 공

동주택단지를 만들 수 있는 대안으로 주목받고 있다.

일반적으로 인공지반녹지 조성 시 녹지의 단면형상은 주변 도로보다 마감면이 높은 형태인 Mound형으로 조성된다. 이런 경우 강우시 우수유출 증가, 지속적인 토사 유출 그로인한 미세먼지 발생 등의 환경오염을 발생시킨다. 그리고 토양내 우수의 침투 및 저류를 방해하여 식물에게 유용한 수분의 공급도 방해한다. 이러한 배경 하에 제안된 저장형 녹지인 Dish형은 주변의 불투수면보다 마감면을 낮게 조성하여 우수를 자연지반으로 침투되도록 유도하고, 토양내 수분함양을 높여 원활한 식물의 성장을 도모할 수 있게 한다. 또한 우수유출 지연효과를 통해 도시홍수를 예방하고 초기우수의 필터링 효과를 통해 비점오염원 관리가 가능하다.

이에 본 연구에서는 동일한 규모의 인공지반녹지 실험구를 조성하여 단면구성에 따른 우수의 유출특성을 분석하였다. Mound형과 Dish형 녹지의 우수 침투량 및 표면 유출량의 측정실험을 통한 결과를 기반으로 전형적인 공동주택 단지의 인공지반 녹지에 적용시켜 단지 전체의 우수유출 저감효과를 예측·분석해보고자 한다.

* 한국건설기술연구원 연구원

** 교신저자, 한국건설기술연구원 수석연구원(zzan1113@kict.re.kr)

*** 한국건설기술연구원 선임연구위원

1.2. 연구 범위와 방법

(1) 실험구 조성

실험구는 경기도 화성에 위치한 한국건설기술연구원 건축물안전성능 실험센터 내에 2009년 5월에 조성되었다. 실험구는 3m×3m이며, 실험규모의 인공지반녹지를 조성하기 위하여 그림 1과 같이 구조체를 설치하고, 그 상부에 전형적인 인공지반 토양높이인 90cm의 일반토양을 채웠다.

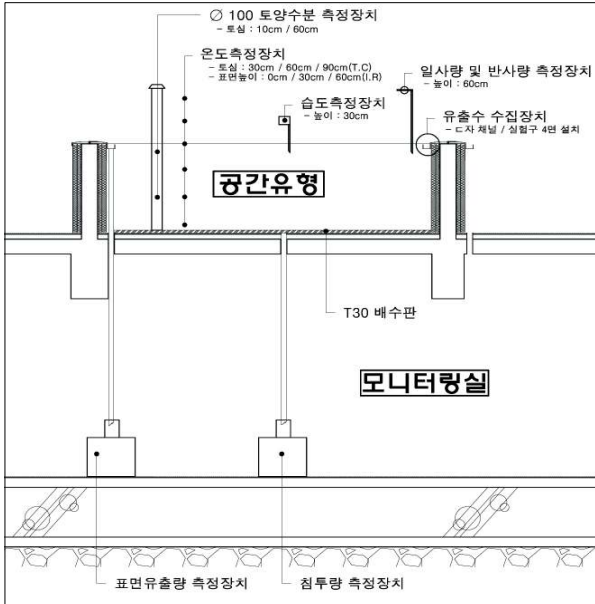


그림 5. 인공지반 실험구 단면 및 측정요소

우수의 유출 및 침투효과를 알아보기 위한 실험구 상부에는 식재에 의한 변수를 최소화하기 위하여 한국형 잔디뿔장을 사용하였다.

비교실험구로 조성된 Dish형 녹지와 Mound형 녹지의 단면구성은 그림 2와 같다. Dish형 녹지는 안전성, 투수성 등 공동주택 단지의 적용성을 고려하여 평균 지표면보다 약 30cm 깊이로 낮게 조성하였으며, 이는 우수의 침투 지연으로 인해 발생하는 물웅덩이의 수심과도 관련이 있다.

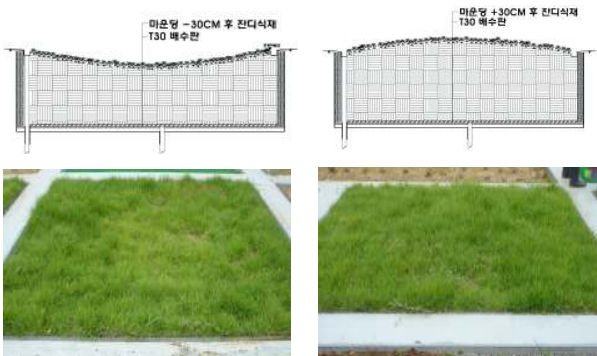


그림 6. Dish형 녹지(왼쪽) 및 Mound형 녹지(오른쪽) 단면구성



그림 7. 실험구 전경

(2) 실험구 모니터링

우수침투 및 표면유출량을 측정하기 위해 Bucket(0.2mm/1pulse) 방식의 유량측정기를 설치하였으며, 데이터로거(SDI-12-DT85)를 통해 결과를 전송받았다. 모든 데이터는 10분 간격으로 측정되도록 설정하였다.



그림 8. 유량측정 Bucket

우수유출 및 침투량 모니터링은 여름철 강수량이 많은 8월에 수행하였으며, 결과의 정확성을 높이기 위하여 2010년과 2012년 두 번에 걸쳐 측정하였다. 강우시 우수의 침투량과 표면 유출량의 패턴을 보기 위해 모니터링 기간 중 특히 강수량이 많았던 날을 기준으로 전날과 다음날까지 총 3일 동안의 우수 침투량과 유출량을 10분 간격으로 측정하였다.

(3) 시뮬레이션 대상지 개요 및 전체

본 연구의 실험결과를 실제 공동주택의 일정지역에 적용시켰을 때 우수유출 저감효과를 알아보기 위해 성남 관교지구의 아파트건설지역을 사례지로 선정하여 Dish형 녹지조성을 통한 우수유출 저감효과를 시뮬레이션 하고자 하였다. 그림 5는 시뮬레이션 대상지의 녹지구적으로 대지면적은 26,550㎡, 인공지반 녹지면적은 7,049.5㎡, 자연지반 녹지면적은 6,087.1㎡이다.



범례	공간유형	면적 (㎡)	범례	공간유형	면적 (㎡)
	인공지반녹지	7,049.5		자연지반녹지	6,087.1
	블럭포장	2,348.7		블투수포장	6,367

- 전체 대상지 면적 : 26,550㎡
- 건폐면적 : 4,897.7㎡

그림 9. 시물레이션 대상지 포장유형

시물레이션을 위한 전체로 인공지반녹지에 침투된 우수는 그림 6과 같이 기존의 우수관거로 배출되지 않고, 단지 내 저류조 또는 자연지반으로 연계를 통해 외부로 유출되지 않는다고 가정하였다.

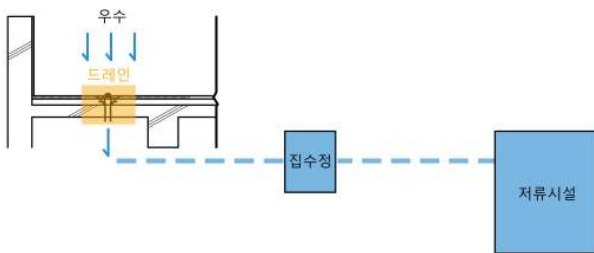


그림 10. 지하공간 상부 인공지반녹지 수처리

대상지 내 우수 저류량을 계산하기 위해 하천설계기준에서 주어진 합리식을 사용하였다. 합리식은 일정한 강우강도를 갖는 호우로 인한 소유역의 침투홍수량을 결정할 때 대표적으로 사용하는 방법으로 우수관거, 하천제방과 같은 홍수소통용 소규모 구조물의 설계홍수량을 결정할 때 사용할 수 있으며(유철상 외, 2010) 유달시간에 상당하는 강우 강도의 비가 배수구역내에 균등히 내릴 때 지체현상이 생기지 않는 최대 유출량 산출법으로 활용하였다.

$$Q = \frac{1}{3.6} C \cdot I \cdot A \quad \dots\dots (식 1)$$

- Q : 최대 계획우수 유출량 (㎥/sec)
- C = 유출계수
- I = 홍수도달시간의 평균 강우강도(mm/hr)
- A = 면적(㎠)

또한 본 시물레이션에서 적용한 기초 유출계수는 표 1과 같이 하수도 시설기준 및 하천설계기준의 유출계수 평균값을 동일하게 가정하여 적용하였다.

표 1. 유출 계수의 적용값

유형	유출계수	유형	유출계수
지붕	0.9	공지	0.2
차도 및 보도	0.85	잔디, 수목이 많은 녹지	0.2
기타 불투수면	0.9	주거지역-아파트	0.6

자료 : 하수도 시설 및 하천설계 기준

2. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

2.1 인공지반녹화의 우수유출 저감효과

인공지반녹화는 우수를 일시적으로 토양층에 저류하고 유출을 억제하여 시간을 두고 방출함으로써 도시의 홍수 유출 위험을 줄이는 역할을 수행한다.

Johnston and Newton(2004)는 벤쿠버 도서관 옥상녹화 모니터링 프로젝트에서 기존의 옥상보다 옥상녹화지의 경우 16%정도 우수유출량을 줄여줄 수 있는 것으로 발표하였다. 집중호우 시에는 약 3% 정도의 우수유출량 저감 효과를 보여주고 우수량이 적은 여름철 우수유출량은 80% 이상 저감효과가 있다고 보고하였다.

Lee Eun Heui et al.(2008)는 저관리 경량형 옥상녹화 실제조성지의 우수유출저감효과와 지연시간에 대해 2년간 모니터링 하였으며 그 결과 10cm로 조성된 저관리 경량형 옥상녹화지를 통과한 우수유출량은 평균 87.8% 저감되었고 초기 강우시기로부터 평균 2시간을 지연시키는 것으로 보고하였다.

Mentens et al.(2006)은 21세기 도시 내 우수유출량을 줄이기 위한 옥상녹화 연구를 통해 2년간 독일의 옥상녹화 형태에 따른 우수 유거수 감소에 대한 많은 연구를 하였다. 그 결과 우수 유출량은 토양층의 깊이와 관련이 깊은 것으로 나타났다.

Schwark(2003)은 식물이나 토양의 소재로 한 자연형태의 시설은 도시지역에서 물순환체계의 재자연화를 목적으로 빗물을 지하로 침투시킴으로서 지하수를 함양하고 식생에 수분을 공급하며, 생물서식기반을 개선시키는 효과가 있다고 보고하였다.

2.2 단지차원의 분산식 빗물관리 공법

독일에서는 단지내 우수를 분산식으로 지역에서 침투시켜 지하수 함양과 우수유출 지연을 위한 노력의 일환으로 Mulden-Regolen System (도랑-집수관-시스템, 이하 MRS)을 적용하고 있다.

MRS는 독일에서 구현된 새로운 도시 홍수 및 유출수 관리 시스템으로 투수구덩이-자갈층 조합 시스템이다. 지상부에 지피식물로 덮인 선형의 구덩이 형태와 지하부에는 자갈층을 두고 이곳에 빗물을 일시 저류하는 시설로 식물과 토양 등 자연소재를 이용하여 지역의 자연적인 물순환이 가능하도록 적용된 시설이다(한영해 외, 2005a)

독일에서는 실제 주거지역에 빗물침투 저류시설이 설치

된 예는 매우 많으며, 이러한 시설들이 모두 침투 및 저류량 증대뿐만 아니라 주거환경의 질을 높이는 구성요소로 작용하고 있다(한영해 외, 2005b). 그림 7에는 MRS의 개요를 나타내었다.



그림 11. Mulden-Regolen system 개요

3. 실험구 모니터링 결과

3.1 인공지반 녹지조성 형태에 따른 우수유출 저감효과

본 모니터링에서는 정확한 우수의 침투량과 유출량의 산출보다는 두 실험구에 대한 우수유출 저감효과 성능비교 및 그에 따른 효과를 상대 비교한 절대값으로 도출하고자 하였다. 즉, 명확한 유량의 산출값이 아닌 유량계(버킷)의 데이터값에 대한 상대비교를 통해 성능비율을 도출하고자 하였다. 실험구 현장에 설치된 강수량계의 오류로 인하여 현장의 정확한 강수량데이터의 측정이 불가능하여 본 연구에서 활용한 강수량데이터는 기상청 관측자료 중 모니터링 대상지와 가장 가까운 수원기상대 측정결과를 사용하였으며, 분석에 활용된 기간의 강수량 데이터는 표 2와 같다.

표 2. 분석기간 강수량 데이터(수원기상대 측정값)

구 분	8월 14일	8월 15일	8월 16일
2010년	27mm	31mm	2mm
2012년	15.5mm	136.5mm	0mm

(1) 우수 침투량

우수 침투량을 측정하기 위해 2010년 8월 14일~16일까지 내린 강수량을 10분단위로 측정하였다. 2010년 8월 14일 강수량은 27mm였으며, 8월 15일은 31mm로 측정되었다. 녹지조성 유형별로 강우 침투량을 비교해보면, 초기 강우가 시작되는 8월 14일(초기 강우발생시)에는 Dish형 녹지가 Mound형 녹지에 비해 약 2.9배 우수 침투효과가 뛰어난 것으로 나타났으며, 8월 15과 16일에는 Dish형 녹지의 우수침투량이 Mound형 녹지의 1.8배인 것으로 측정되었다. 최종적으로 1회 강우의 발생 총량으로 비교한 결과 Dish형 녹지가 Mound형 녹지에 비해 1.98배 많게 침투되는 것으로 측정되었다(표 3).

표 3. 녹지조성 형태별 우수 침투량 비교(2010년)

날짜	A Dish형 녹지 침투량 측정값*	B Mound형 녹지 침투량 측정값*	비율 A/B
8월 14일	12,783	4,461	1.98
8월 15일	27,325	15,481	
8월 16일	3,600	2,031	
합 계	43,708	21,973	

* 버킷의 Tipping 측정값

녹지유형별 우수침투량을 10분 간격으로 측정하여 강우 패턴을 살펴본 결과 그림 8과 같이 지면에 내린 강우가 침투되는 시간은 Dish형 녹지가 Mound형 녹지보다 빠르게 나타나는 것으로 측정되었다.

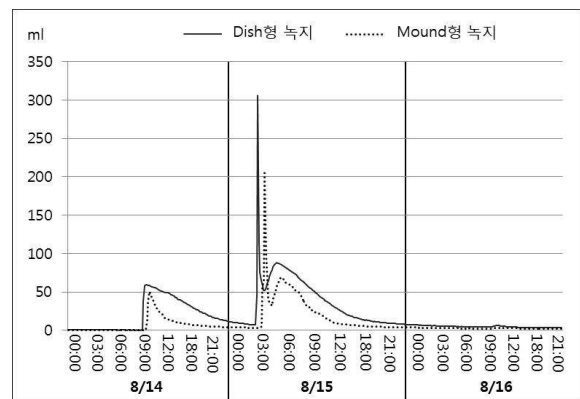


그림 12. 녹지조성 형태에 따른 시간대별 우수침투량 (2010)

2012년 8월 14일~16일까지 같은 방법으로 우수침투량을 측정한 결과 표 4에서 보는바와 같이 강수량이 15.5mm이었던 8월 14일에는 Dish형 녹지가 Mound형 녹지에 비해 우수 침투량이 1.7배 높았으며, 강수량이 많았던 8월 15일에도 1.2배 높은 것으로 측정된다. 최종적인 1회 강우에 대한 침투량 비교값은 Dish형 녹지가 Mound형 녹지에 비해 1.3배 높은 것으로 측정되었다. 2010년과 마찬가지로 강우시 우수침투시간은 Dish형 녹지가 Mound형 녹지보다 빠른 것으로 나타났다(그림 9). 이는 2년여의 실험구 경과에 따른 토양침하 및 식물생장에 따른 지반경화로 침투성능의 저하가 발생한 것으로 보인다.

표 4. 녹지조성 형태별 우수 침투량 비교(2012년)

날짜	A Dish형 녹지 침투량 측정값*	B Mound형 녹지 침투량 측정값*	비율 A/B
8월 14일	15,269	9,179	1.31
8월 15일	37,213	31,405	
8월 16일	2,581	1,324	
합계	55,063	41,908	

* 버킷의 Tipping 측정값

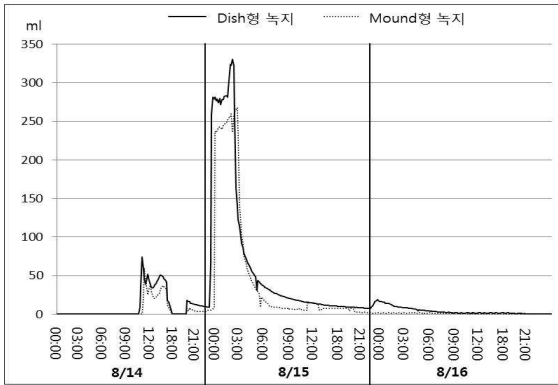


그림 13. 녹지조성 형태에 따른 시간대별 우수침투량 (2012)

(2) 우수 표면유출량

2010년 모니터링 기간 동안 측정된 우수 표면 유출량은 표 5에 나타내었다. 강우가 시작된 8월 14일에는 Dish형 녹지에서 우수가 표면으로 유출되는 양이 Mound형 녹지의 70%였으며, 8월 15일에는 절반으로 줄어드는 것을 알 수 있다. 또한 우수 침투량 실험때와는 다르게 강우시 우수의 표면유출은 Mound형 녹지에서 먼저 시작되는 것을 알 수 있다(그림 10). 2012년 모니터링에서도 마찬가지로 Mound형 녹지에 비해 Dish형 녹지의 우수 표면 유출량이 50% 이상 적은 것으로 나타났다. 그림 10과 11에서 보는 바와 같이 강우시 우수가 표면으로 유출되는 시간은 Mound형 녹지에서 더 빠른 것으로 나타나는 것으로 측정되었다.

표 5. 녹지조성 형태별 우수 표면유출량 비교(2010년)

날짜	A Dish형 녹지 유출량 측정값*	B Mound형 녹지 유출량 측정값*	비율 A/B
8월 14일	179	272	0.53
8월 15일	949	2,070	
8월 16일	330	428	
합계	1,458	2,770	

* 버켓의 Tipping 측정값

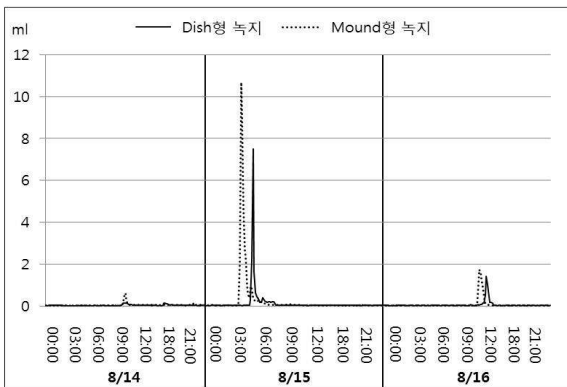


그림 14. 녹지조성 형태에 따른 시간대별 우수 표면유출량 (2010)

2010년에 비해 2012년에는 지반 경화와 식물생장 밀도가 증가하여 우수표면 유출량이 증가한 것으로 나타난다.

표 6. 녹지조성 형태별 우수 표면유출량 비교(2012년)

날짜	A Dish형 녹지 유출량 측정값*	B Mound형 녹지 유출량 측정값*	비율 A/B
8월 14일	68	183	0.23
8월 15일	100	534	
8월 16일	36	138	
합계	204	855	

* 버켓의 Tipping 측정값

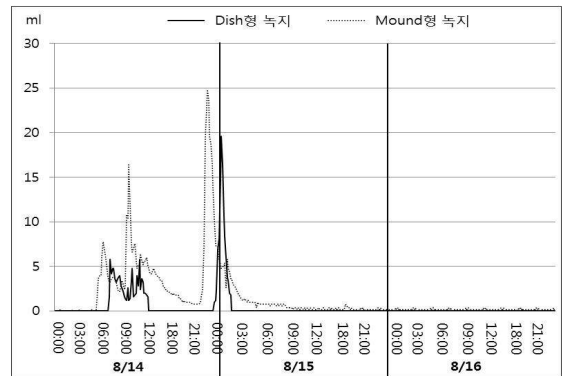


그림 15. 녹지조성 형태에 따른 시간대별 우수 표면유출량 (2012)

(3) 모니터링 결과 소결

인공지반 녹지의 단면구성 변화에 따른 우수유출 저감효과를 살펴본 결과 강우시 우수의 침투량은 Dish형으로 조성된 녹지에서 Mound형으로 조성된 녹지에 비해 평균 약 2배 우수한 것으로 나타났으며, 반대로 우수의 표면 유출량은 Dish형 녹지에서 평균 절반정도로 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 Dish형으로 조성된 녹지가 강우시 우수의 침투효과가 뛰어나며, 표면으로 유출되는 양을 줄여 주는 등 우수유출 지연효과 있어 도시홍수 예방은 물론 나아가 도시의 비점오염원 관리에도 도움을 줄 수 있다는 결과를 예측해볼 수 있다.

3.2 녹지조성 유형에 따른 우수유출 저감효과 분석

(1) 녹지조성 유형에 따른 침투유출량 비교

현재 공동주택 녹지조성에 있어 일반적으로 Mound형 공법이 적용되고 있는 현실을 감안해서 기존의 유출계수를 적용하여 단지규모에서 발생이 예상되는 유출량 Q1은 표 7과 같이 산출된다.

표 7. Mound형에 의한 유출량 산출

$$\begin{aligned}
 Q1 &= 1/3.6 \times \sum\{\text{공간유형별 면적}(\text{m}^2) \times \text{유출계수}\} \times \text{강우강도}[30(\text{mm}/\text{h})] \\
 &= 1/3.6\{(7,049.5\text{m}^2 \times 0.2) + (6,087.1\text{m}^2 \times 0.2) + (2,348.7\text{m}^2 \times 0.85) + (6,267\text{m}^2 \times 0.9) + (4,898.7\text{m}^2 \times 0.9)\} \times 30\text{mm}/\text{h} \\
 &= 122.274\text{m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

이에 비해 Dish형을 인공지반녹지와 자연지반녹지에 적용한 경우 침투량이 1.98배 증가하고, 유출량이 0.53배 축소되어(2010년 측정값 대입) 녹지부분에 대한 유출계수가 0.2에서 0.06으로 변경되어 적용할 수 있고, 발생 예상 가능한 유출량 Q2는 표 8과 같이 산출된다.

표 8. Dish형에 의한 유출량 산출

$$\begin{aligned}
 Q2 &= 1/3.6 \times \sum\{\text{공간유형별 면적}(\text{m}^2) \times \text{유출계수}\} \times \text{강우강도}[30(\text{mm}/\text{h})] \\
 &= 1/3.6\{(7,049.5\text{m}^2 \times 0.06) + (6,087.1\text{m}^2 \times 0.06) + (2,348.7\text{m}^2 \times 0.85) + (6,267\text{m}^2 \times 0.9) + (4,898.7\text{m}^2 \times 0.9)\} \times 30\text{mm}/\text{h} \\
 &= 106.948\text{m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

즉, 녹지조성 유형의 변경에 따라 단지 내에서 발생 가능한 침투유출량은 13%이상 저감이 가능하다는 시뮬레이션 결과를 도출할 수 있다.

(2) Dish형 녹지 적용을 통한 우수유출 지연시간 도출
 대상지 내 녹지 중 인공지반 녹지(7,049.5m²) 전체를 30cm 깊이의 Dish형 녹지로 조성한다고 가정한다면 총 저류량은 2,114.9m³라고 할 수 있다. 그리고 합리식에 의한 유출량(불투수면으로 가정하여 유출계수를 0.9로 가정)은 52.87m³/hr이다. 즉, 저류량 2,114.9m³의 Dish형 녹지는 30mm/hr의 강우가 약 40시간 지속되는 우수를 저류할 수 있는 규모이다(표 9). 이는 최근 빈번하게 발생하는 시간당 120mm/hr 수준의 집중호우시에도 적절한 우배수 계획의 수립에 의해 단지 외부로의 유출량을 충분히 제어할 수 있음을 의미한다.

표 9. 시뮬레이션 결과

대상지 면적	7,049.5m ²
저류량 (추정값)	면적(m ²)×0.3(m) = 2,114.85m ³
유출량 (합리식에 의한 결과)	$\frac{1}{3.6} \times \text{면적}(\text{m}^2) \times 30(\text{mm}/\text{h}) \times 0.9$ =52.87m ³ /hr
우수유출 지연시간	2,114.85 ÷ 52.87=40hr

* 강우강도를 30mm/hr로 가정

4. 결론

외국에서는 이미 1970~1980년대부터 홍수 등의 재해에

방과 하천의 건천화 방지를 위해 도로, 주차장 등 공공시설은 물론 주택, 아파트 등 사유시설까지도 빗물유출 저감 시설 설치를 법적으로 제도화하고 있다(국립방재연구소, 1998). 최근 국내에서도 공동주택 건설시 기존의 빗물관리에 대한 문제점을 인식하고, 빗물침투, 저류 및 이용시설에 대한 설계의 시공이 부분적으로 이뤄지고 있는 것이 현실이다. 또한 친환경건축물 인증제도와 같은 제도적 뒷받침은 이의 현실적용을 유도하고 있다. 그러나 아직 공동주택 단지에 빗물관리시설을 설치함에 있어 소극적으로 접근하고 있으며, 이의 주요 원인으로 빗물관리시설 설치에 따른 경제성 저하를 들고 있다.

본 연구는 인공지반 녹지의 단면형상 변화만으로도 기존 빗물관리시설에 투자되는 비용의 절감과 효과를 확보할 수 있다는 가능성을 제시하고 있다. 일반적인 공동주택 규모의 개발단위에서 간단한 공법의 전환을 통해 최대한의 효과를 구현해보고자 하는 의도에서 시뮬레이션을 진행하였으나 그에 대한 가정의 결과 전체면적에 대한 적용을 가정하지 못하였다. 또한 본 연구에서의 실험구는 3m×3m로 진행되었으나 실제로 넓은 면적에서 중앙부분을 30cm 높이거나 낮췄을 때의 경사도는 차이가 크고 식재 후 시간경과에 따른 토양의 고결화가 진행되는 것까지 감안한다면 투수율이 더 낮아질 수 있어 실질적인 대안 설계까지는 진행되지 못한 한계가 있다.

이 연구를 통해 공동주택 특화를 위한 수단으로 가장 많이 활용되고 있는 인공지반의 녹화에 있어 식물의 원활한 성장과 토양유실 저감으로 인한 유지관리비용까지 절감할 수 있는 방안으로 Dish형 녹지의 보급이 적극적으로 이루어져야 할 것으로 전망한다.

후 기

본 연구는 농림수산식품기술기획평가원(112059-3) 도시열섬 저감을 위한 저비용 지속가능형 벽면녹화 시스템 개발 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. 국립방재연구소(1998), 우수유출저감시설 설치기법연구(I), 연구보고서.
2. 변병설, 이병준(2002), 쾌적한 도시환경을 위한 녹지확보방안, 한국환경정책평가연구원 정책과 제9호.
3. (사)한국수자원학회(2005), 하천설계기준, 건설부승인 하천설계기준.
4. 유철상·김경준·박민규·윤정수(2010), 유출곡선지수를 이용한 소규모 저류시설의 유출저감효과 정량화, 한국방재학회논문집, 제10권 3호, pp. 109-118.
5. 윤용남, 안재현(2005), 유역종합치수계획의 향후 개선방향, 한국수자원학회지, 제 38권 4호, pp.22-24.
6. 이한세(2005), 새로운 유역종합치수계획, 한국수자원학회지, 제 38권 4호, pp.14-19.
7. 한국건설기술연구원(2008), 도시기후 변화 대응 생태단지 조성 기술 개발.
8. 한영해·이태구·황희연(2005a), 도시지역의 물순환체계 구축을 위

- 한 화단형 침투·저류시스템 개발. 한국생태환경건축학회 학술 발표대회 논문집, 통권 10호, pp. 189-193.
9. 한영해·양병이·이태구(2005b), 공동주택단지의 공간적 특성 분석을 통한 분산식 빗물관리 방향 설정. 한국생태환경건축학회 논문집, Vol. 5, No. 3, pp. 17-24.
 10. 현경학(2006), 공동주택단지 분산식 빗물관리시설의 적용 효과, 주택도시(주택도시연구원), 제90호(2006-09).
 11. Johnston. J. and J. Newton(2004), Building green: A guide to using plants on roofs, walls and pavements. London Ecology Unit.
 12. Lee Eun-Heui, Ahn Gy, Chang HK(2008), Effects of Green Roofs on Rainwater Circulation in Urban Areas. International Conference on Landscape and Ecological Engineering, ICLEE.
 13. Mentens, J., Raes, D., and Hermy, M.(2006), Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanised 21st century. Landscape Urban Plan. 77 : 217-226.
 14. Schwark, Andre(2003), Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungs-und nutzungsanlagen, Hochschule fuer Angewandte Wissenschaften Hamberg Fachbereich Bauingenieurwesen, diplomarbeit.
 15. <http://www.kma.go.kr>
 16. http://www.sieker.de/MKat/rw_bewirt_versickerung

투고(접수)일자: 2012년 9월 12일
 수정일자: (1차) 2012년 11월 15일
 (2차) 2012년 12월 18일
 (3차) 2013년 2월 12일
 게재 확정일자: 2013년 2월 14일