

## SWMM 모형을 이용한 LID 요소기술의 공간적 분포에 따른 우수유출특성 분석

연종상<sup>1</sup>, 장영수<sup>2</sup>, 이재혁<sup>2</sup>, 신현석<sup>2</sup>, 김응석<sup>\*</sup>  
<sup>1</sup>선문대학교 토목공학과, <sup>2</sup>부산대학교 사회환경시스템공학과

### Analysis of Stormwater Runoff Characteristics for Spatial Distribution of LID Element Techniques using SWMM

Jong Sang Yeon<sup>1</sup>, Young Su Jang<sup>2</sup>, Jae Hyuk Lee<sup>2</sup>, Hyun Suk Shin<sup>2</sup>,  
Eung Seok Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Sunmoon University

<sup>2</sup>Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University

**요약** 도시화로 인한 도심유역 내 강우유출양상이 개발이전과 다른 양상을 보이므로, 도심유역 내 강우유출량을 저감하기 위해 집중형 유출 저감 시설이 시행되어왔다. 그러나 시설의 한계점 때문에 분산형 유출 저감 시설인 저영향개발(Low Impact Development; LID)의 계획 및 적용이 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 대표적인 LID 요소기술을 대상으로 공간적 분포에 따른 유출특성을 분석하였다. 대상유역은 동일한 유역 및 우수배수 특성을 지닌 5개의 소유역으로 구성하였고, 대표적인 LID 요소기술로 선정된 옥상녹화와 투수성 포장의 적용위치 및 개수에 따른 2개의 시나리오에 대한 유출특성을 분석하였다. SWMM 모형적용 결과, 적용 소유역 1개당 옥상녹화의 경우 총 유출량은 11.07%, 침투 유출량은 3.42% 저감되었으며, 투수성포장의 경우 총 유출량은 18.09%, 침투 유출량은 17.94% 저감되었다. 이와 같은 감소율은 적용 LID의 위치에 상관없이 일정하였고, 적용 LID의 개수에 따라 정비례하게 증가하였다. 옥상녹화와 투수성 포장에서 유출특성 저감률의 발생 차이는 각 방법의 매개변수인 수리전도도의 영향 때문인 것으로 판단된다.

**Abstract** As the storm water runoff characteristics in urban areas have changed owing to urbanization, centralized facilities to reduce the urban flood runoff had been implemented. On the other hand, because they have their limitations, LID (Low Impact Development) of the distributed facilities for storm water runoff reduction is being actively planned and applied. The purpose of this study was to analyze the runoff characteristics for the spatial distribution of typical LID element techniques. This study set a study basin consisting of the five subbasins with the same basin and drainage systems, and analyzed the flood runoff characteristics from the two scenarios, one is for the locations and the other is for the number of green roofs (GR) and permeable pavement (PP), respectively, selected as typical LID element techniques. The SWMM implementation results showed that GR reduces 11.07% of the total and 3.42% of the peak amounts of storm water runoff, and PP leads to 18.09% of the total and 17.94% of the peak discharge reduction for a subbasin. Such a reduction rate is constant regardless of the LID locations, and increases linearly with the number of LID applications. The different runoff reduction rates between the GR and PP applications appear to be due to the effects of the different hydraulic conductivities in the control parameters for each LID.

**Key Words** : Green Roof(GR), LID(Low Impact Development), Permeable Pavement(PP), Stormwater Runoff

본 연구는 국토교통부 물관리연구사업의 연구비지원(12기술혁신C04)에 의해 수행되었습니다.

\*Corresponding Author : Eung-Seok Kim(Sunmoon Univ.)

Tel: +82-41-530-2325 email: hydrokes@sunmoon.ac.kr

Received February 27, 2014

Revised April 23, 2014

Accepted June 12, 2014

## 1. 서론

급격한 산업화로 인한 도시화의 가속은 도시유역 내 불투수면적의 비율의 증가를 가져왔다. 이러한 불투수면적의 증가는 강우 시 개발이전과는 다른 도시유역 내 강우 유출양상을 가져왔다. 또한 이상기후와 지구온난화 등으로 인한 집중호우와 케릴라성 호우가 발생함에 따라 도시유역의 새로운 치수 및 이수방법의 필요가 대두되었다. 현재 국내의 경우 도심지 내의 토지이용이 극대화 되어 있기 때문에 지상보다는 지하공간을 이용한 저류를 하려는 노력이 계속되고 있다. 하지만 이상기후에 의한 집중호우로 강우 유출량이 증가하고, 지하시설물의 경우 침수의 취약성을 가지고 있으며, 기존의 강우 유출수 처리기반 시설은 노후화가 진행되어 유지 및 보수에 많은 비용이 발생하고 있다. 또한, 우수관거의 최종점에서 강우 유출수를 처리하는 집중형 유출 저감 시설의 경우 비점오염을 저감하는데 비효율적이며 우수유출수 저감 시에도 기존 우수관거의 능력에 많은 영향을 받는 문제점이 있다. 저영향개발(Low Impact Development; 이하 LID)은 강우 유출수의 발생원(on-site)단계에서 저류, 체류, 방지, 처리기술을 적용하여 개발계획 단계에서 개발 이전의 수문기능을 유지할 수 있도록 보전, 영향최소화, 유출이동시간 유지, 추가유출감소, 오염방지에 초점을 맞추어 계획하는 분산형 유출 저감 시설이다. 저영향개발은 미국의 PGDER(Prince George's County, Maryland Department of Environmental Resources)에 의해 시작되었고 많은 국가에서 기존의 집중형 유출 저감 시설에서 분산형 유출 저감 시설로 계획 및 적용이 활발하게 이루어지고 있다[1,2].

국내에서는 현재까지 다양한 모형을 이용하여 LID 적용에 따른 유출저감의 효율성에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. [3]의 LID 적용에 따른 CN값의 변화를 적용하여 유출 감소 특성 분석을 하였다. LID 적용에 따른 CN값 변화는 US EPA에서 제시한 값을 이용하였으며, 도시 개발 전, 후, LID 적용에 따른 총 유출량과 침투 유출량이 최대 약 30%~50%감소되는 결과를 제시하였다. [4]의 LID 적용에 따른 SCS-CN값 변화가 강우 유출특성에 미치는 영향을 분석하기 위해 유역 내 LID 적용 시와 미적용 시의 CN값의 변화를 시나리오별로 작성하여 SWMM(Storm Water Management Model)으로 모의하였다. 모의결과 강우유출유량, 강우유출빈도, 월류량, 월

류빈도 등이 LID 적용에 의한 CN값 변화에 따라 최대 30~50%로 감소하는 결과를 제시하였다. [5]의 확률강우량을 초과하는 100년 빈도 지속시간 24시간의 초과강우를 이용하여 상습침수지역내 LID를 SWMM모형의 LID 모듈을 이용하여 시나리오에 따른 유출저감효과를 분석하였다. 분석결과 적용 시나리오에 따라 최대 약 29%의 총 유출량과 침투유출량 저감 결과를 제시하였다.

이와 같이, 기존의 연구에서 선정유역에 특정 LID 요소기술 적용 시 소유역내 임의적인 위치에 적용하여 우수유출량의 저감율을 모의하였다. LID 요소기술의 적용 시에 소유역 내 적용 위치 및 적용 면적의 공간적 분포에 따른 총 유출량 및 침투 유출량에 대한 저감효과에 관한 연구는 현재 미미한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국내 도시특성에 맞는 LID 요소기술을 선정하고, LID 요소기술의 임의적인 적용이 아닌, 유역 내 적용 위치 및 개수(면적)에 따른 시나리오에 대한 LID 요소기술의 유출저감효과를 SWMM모형의 LID모듈을 이용하여 분석하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1 LID 요소기술

현재 국내·외에서 약 23개의 LID 요소기술인, 생태저류시설, 식생사면, 식생습지, 옥상녹화, 트리박스 필터, 건식우물, 여과장치, 홈통필터, 도로청소, 모래여과장치, 수질정화습지, 침투도랑, 투수성포장, 단철, 흐름분배기, 유역의 최소화, 도달시간 관리, 토양개량, 조경기술, 식물화분, 재조립, 빗물통의 비점오염 및 우수유출저감 등이 활용되어지고 있다[6]. 본 연구에서는 23개의 LID 요소기술 중 별도의 공간을 필요로 하지 않고 기존의 기반시설 및 건축물과 복합적으로 적용 가능한 옥상녹화와 투수성포장을 분석대상 요소기술로 선정하였다.

옥상녹화는 옥상에 식물을 배치하여 정원을 만드는 것으로, 정원내의 매개층인 토양층과 자갈층을 이용한 저류와 식물에 의한 증발산을 통하여 우수유출수를 저감하고 지붕의 온도도 낮출 수 있다. 옥상녹화는 크게 경량형과 중량형의 두 가지 종류가 있으며, 경량형의 경우 경사진 지붕에 얇은 식생엽초로 구성되고, 중량형의 경우 큰 관목의 생육을 위한 두꺼운 매개층과 큰 면적이 필요하며 비교적 평평한 지붕에 적용된다. 옥상녹화의 종류

는 건물의 규모 및 형태에 따라 선택이 가능하다.

일반적으로 도시 내의 포장도로의 면적은 건물이 차지하는 면적의 약 2배정도가 될 정도로 많은 비중을 차지하고 있다[7]. 따라서 LID 요소기술에서도 투수성포장은 다양한 도시의 광범위한 지역에서 시공되어지고 있다. 투수성포장은 투수성포장재를 이용하여 도시 내의 우수유출수를 노상에 침투시켜 지하수를 확보하거나 우수유출량 및 침투 유출량을 저감시키고 오염물질을 여과시키는 기능을 한다. [6]에 의하면 일반적으로 투수성포장은 전통적인 포장도로, 주차장, 고속도로, 그리고 보도가 많은 지역에 이용될 수 있다.

### 2.2 SWMM모형의 LID모듈

[9]에 따르면, 현재 LID를 모의할 수 있는 모형은 ANSWERS, CASC2D, DR3M, HSPF, EPA-SWMM 등이 있다. 본 연구에서는 가장 최근에 업데이트된 EPA-SWMM5를 대상 모형으로 선정하였다. [2]에 따르면 EPA-SWMM5는 도시구역의 하수관거 시스템에 의한 강우유출을 모의할 수 있는 모형으로서 토지이용특성인 각 소유역의 투수와 불투수지역에 따른 침투량 계산과 각 소유역의 투수 및 불투수율, Manning 조도계수, 지면 저류량 등의 수리수문학적 매개변수에 의해 강우유출을 계산한다. 각 소유역에 여러 종류의 LID 요소기술을 적용할 경우 소유역의 CN값 혹은 불투수율에 변화를 가져오게 되며, 이에 따라 SWMM의 경우 다른 모형과 달리 각 소유역의 토지이용상태를 고려하여 강우의 침투 및 유출을 모의할 수 있다. 따라서 EPA-SWMM5 모형의 LID모듈을 이용하여 LID를 모의한다면, 수리·수문학적 인자들을 모두 고려한 유출모의가 가능하다.

SWMM의 LID모듈을 이용해서 LID를 적용하기 위한 두 가지 접근방식이 존재한다. 첫 번째 접근방법은 소유역에 단일 혹은 다중의 LID 요소기술을 LID 계획면적만큼 적용시키는 방법이며, 두 번째는 새 소유역을 만들고 만들어진 소유역이 하나의 LID 요소기술의 역할을 하는 것이다. 본 연구에서는 [8]에서 권장하는 첫 번째 방법을 이용하여 적용하였다. 첫 번째 접근방법은 소유역내에 복합적 LID 요소기술을 배치한다. 각 배치된 LID 요소기술은 소유역내 LID 계획면적에서 발생하는 우수유출량을 각각 다른 비율로 처리한다. 우수유출수 처리과정은 LID 요소기술들의 순차적인 직렬적 작용이 아닌 동시에 처리가 이루어지는 병렬적으로 적용된다. 또한 본 연구

에서 선정한 LID 요소기술인 옥상녹화의 경우 식생저류장치로 분류되며 표면층, 토양층, 저류층, 암거층의 매개변수를 입력해야하며, 투수성포장의 경우 공극성 포장으로 분류되며 표면층, 포장층, 저류층, 암거층의 매개변수를 입력해야한다.

### 2.3 LID 요소기술 적용 시나리오

본 연구에서는 유역 내 LID요소기술의 공간적인 분포에 따른 유출특성을 분석하기 위해, 선정한 2개의 LID 요소기술인 옥상녹화와 투수성포장의 적용 소유역 위치 및 소유역 개수에 따라 시나리오를 구성하여 적용하였다. Table 2의 시나리오는 LID 요소기술의 위치에 따른 유출특성을 분석하기 위해서 유역출구에서 가까운 소유역을 첫 번째 적용 소유역으로 하고 유역출구에서 가장 먼 소유역을 다섯 번째 적용 소유역으로 하여 옥상녹화와 투수성포장을 적용하는 시나리오이다. Table 1의 시나리오는 LID 요소기술의 적용 소유역 개수에 따른 유출특성을 분석하기 위해서 유역출구에서 가까운 소유역순으로 1개, 3개, 5개의 소유역에 각각 옥상녹화와 투수성 포장을 적용하는 시나리오이다.

[Table 1] Scenarios for Spatial Distribution of LID

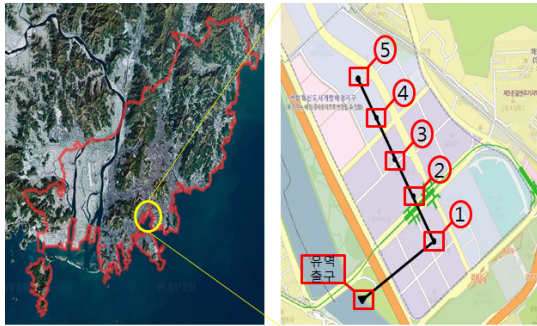
Scenarios	LID Application Methods	LID Application Subbasins
A	Green Roof or Permeable Pavement	Locations (subbasin 1, 2, 3, 4, or 5)
B	Green Roof or Permeable Pavement	Numbers (subbasins 1, 1,3,5 or 1,2,3,4,5)

## 3. 적용 및 결과

### 3.1 대상유역

본 연구에서는 LID 요소기술의 공간적 분포에 따른 유출특성의 분석을 위해 동일한 특성을 가진 소유역 및 우수관거로 구성된 유역이 필요하다. 그러나 실제유역에서 완벽하게 동일한 특성의 소유역과 우수관거로 이루어진 경우는 없기 때문에 기존문헌 중 상습적 침수가 발생하는 실제유역의 1개 소유역 및 우수관거의 자료를 이용하여 가상의 유역을 구성하였다. 침수가 일어나지 않는 지역은 상습침수지역에 비해 소유역의 불투수율이 낮거나 우수저감시설물이 잘 구축되어 있는 경우가 많으므로,

LID적용에 따른 우수유출저감효과를 확실하게 알기 위해 상습침수지역을 선정하였다. 본 연구에는 [5]의 대상유역인, 유역면적 282.94ha인 수영강 하류유역으로 동경 129° 07′ 38.82″ ~ 127° 45′ 20″, 북위 35° 09′ 48.08″ ~ 35° 10′ 31.19″의 범위에 위치한 부산 백스코 유역을 참고하였다. 부산 백스코 유역 내 78개 소유역중에 면적, 경사, 불투수율 등을 고려하여 1개의 소유역 및 우수관거를 선정하였고, 이와 동일한 특성의 5개의 소유역과 1개의 유역출구로 이루어진 가상유역을 SWMM을 이용하여 구축하였다. Fig. 1에는 SWMM모형을 이용한 가상유역구축 모식도를 나타내었다.



[Fig. 1] Study Basin

### 3.2 모형구축

대상유역 내 1개 소유역의 면적은 2.21ha, 경사는 0.008, 불투수율은 95%로, LID 요소기술 적용 시 그 효과를 극대화하기 위해 평평한 지대의 불투수율이 높은 소유역을 선정하였다. Table 2에는 소유역 내 우수관거의 제원을 나타내었다.

[Table 2] Parameters for Drainage Pipe System

Shape	Max. Depth (m)	Length (m)	Manning's Roughness
RECT_CLOSED	1.5	170	0.014

이와 같은 1개의 소유역 및 우수관거를 이용하여 동일한 특징을 가진 5개의 소유역으로 구성된 가상유역을 SWMM으로 구축하였는데, 본 연구에서 동일한 특징을 가진 5개의 소유역을 직렬연결로 구성한 이유는 관망의 구조적인 영향이나 소유역의 특성에 의한 영향을 배제하

여, 옥상녹화와 투수성포장의 순수한 유출특성 저감효과를 분석하기 위해 가장 단순화한 가상유역을 구축하여 유출특성을 분석하였다. 대상강우의 경우, 도시유역내의 기후변화로 인한 집중호우가 증가함에 따라, 기존연구인 [10]과 같이 100년 빈도 지속시간 24시간 초과강우를 이용하였다.

### 3.3 모형적용

2.3절에서 선정된 LID 요소기술의 공간적 분포 시나리오에 따른 LID 요소기술의 적용 면적은 공간적 분포에 따른 유출량을 효과적으로 모의하기 위해 소유역의 토지 이용상태를 임의적으로 가정하여 소유역 1개당 전체 소유역면적의 50%이상의 15,000m<sup>2</sup>(67.9%)을 적용하였으며, 이에 따라 각 LID 요소기술 적용 면적에 따른 소유역의 불투수율은 적용 전 95%에서 적용 후 84.44%로 조정되었다. SWMM모형의 LID모듈의 경우 옥상녹화와 투수성포장을 모의하기 위해서는 그에 맞는 LID요소기술을 선정하여 LID요소기술에 맞는 매개변수 값을 입력해야 한다. 옥상녹화에 경우 식생저류장치로 매개변수를 살펴보면 가장 중요한 매개변수로는 각층의 저류깊이, 공극률, 수리전도도라고 할 수 있다. 본 연구에서는 평탄한 지붕에 설치되는 집중형 옥상녹화를 선택하여 경사에 의한 영향은 받지 않는다. 강우에 의한 우수유출수가 옥상녹화에서 효과적으로 저류하기 위해서는 옥상녹화에 충분한 저류공간, 즉 저류깊이를 가져야 한다. 또한 저류공간을 효과적으로 활용하기 위해서는 각층에서 옥상녹화의 표면을 따라 유출되는 속도보다 침투되는 속도가 중요하기에 이러한 침투속도 및 침투량에 영향을 주는 각층의 공극율과 수리전도도 및 침투율이 중요하다. 투수성포장 역시 옥상녹화와 같이 주요매개변수로 각층의 저류깊이, 공극률, 수리전도도 및 침투속도가 있다. 본 연구에서는 EPA-SWMM에서 제시한 매개변수의 범위 값 내에서 선정하여 적용하였다.

### 3.4 시나리오별 적용결과

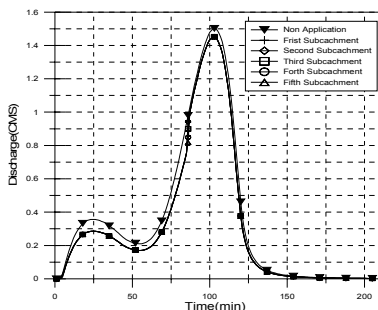
본 연구에서는 SWMM을 이용하여 동일한 특성을 가진 5개의 소유역으로 이루어진 가상유역에 LID요소기술인 옥상녹화와 투수성 포장을 공간적 분포에 따른 시나리오를 적용하여 유출특성을 모의하였다. 공간적 분포에 따른 분석을 위해 LID 요소기술의 적용 소유역 위치 및 적용 소유역의 개수에 따른 시나리오를 작성하였으며,

시나리오는 크게 2개의 분류로 구분되어진다. Table 1과 같이, “시나리오 A”는 LID 요소기술 중 옥상녹화와 투수성 포장의 적용 소유역 위치에 따른 구분이며, “시나리오 B”는 적용 소유역 개수에 따른 구분이다.

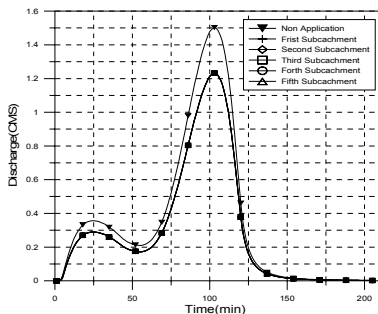
옥상녹화와 투수성포장의 적용 소유역 위치에 따른 각각의 유출특성 저감량 결과를 정리한 Table 3에서 보는 바와 같이, 옥상녹화와 투수성포장 모두 적용 소유역 위치에 따른 유출특성 저감량의 차이는 보이지 않았다. 옥상녹화는 모든 적용 소유역 위치에서 총 유출량이 8.13m<sup>3</sup>, 첨두 유출량은 0.05m<sup>3</sup>/sec만큼 동일하게 저감되었으며, 투수성 포장 역시 모든 적용 소유역 위치에서 총 유출량이 13.28m<sup>3</sup>, 첨두 유출량은 0.27m<sup>3</sup>/sec만큼 동일하게 저감되었다. Fig. 2에는 옥상녹화와 투수성포장 적용 소유역 위치에 따른 유출수문곡선을 나타내었다.

[Table 3] Runoff Results from Scenario A

LID Method	Runoff Characteristics	Subbasins with LID				
		1	2	3	4	5
Green Roof	Total Discharge (m <sup>3</sup> )	8.13	8.13	8.13	8.13	8.13
	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Permeable Pavement	Total Discharge (m <sup>3</sup> )	13.28	13.28	13.28	13.28	13.28
	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27



(A) Green Roof



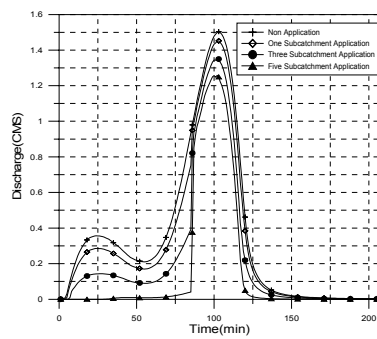
(B) Permeable Pavement

[Fig. 2] Runoff hydrograph results from Scenario A

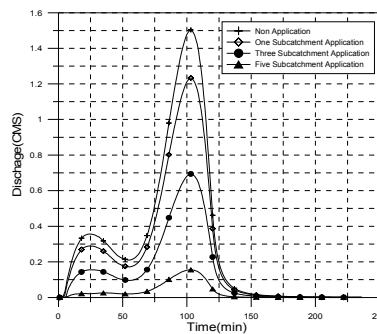
옥상녹화와 투수성포장의 적용 소유역 개수에 따른 “시나리오 B”에 의한 유출특성 저감량을 분석한 결과는 Table 4에 정리되어 있다. 옥상녹화의 경우 적용 소유역 1개당 총 유출량은 11.07%(8.13m<sup>3</sup>), 첨두 유출량은 3.42% (0.05m<sup>3</sup>/sec)만큼 정비례하여 저감되었고, 투수성 포장의 경우 적용 소유역 1개당 총 유출량은 22.08%(13.28m<sup>3</sup>), 첨두 유출량은 17.94% (0.27m<sup>3</sup>/sec)만큼 정비례하여 저감되었다. 또한 Fig. 3은 옥상녹화와 투수성포장 적용 소유역 개수에 따른 유출수문곡선을 나타내었다.

[Table 4] Runoff Results from Scenario B

LID Method	Runoff Characteristics	Subbasins with LID		
		1	1,2,3	1,2,3,4,5
Green Roof	Total Discharge (m <sup>3</sup> )	8.13 (11.07%)	24.41 (33.24%)	40.77 (55.53%)
	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	0.05 (3.42%)	0.15 (9.96%)	0.25 (16.35%)
Permeable Pavement	Total Discharge (m <sup>3</sup> )	13.28 (18.09%)	39.83 (54.25%)	66.38 (90.41%)
	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	0.27 (17.94%)	0.81 (53.82%)	1.35 (89.68%)



(A) Green Roof



(B) Permeable Pavement

[Fig. 3] Runoff hydrograph results from Scenario B

#### 4. 결론

5개의 동일한 특성을 가진 소유역으로 구성된 가상유역에 LID요소기술의 공간적 분포인 적용 소유역 위치 및 적용 소유역 개수에 따른 유출특성을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 적용 소유역 위치에 따른 결과를 분석해보면, 옥상녹화는 적용 소유역 위치에 상관없이 총 유출량이 8.13m<sup>3</sup>(11.07%), 침투 유출량이 0.05m<sup>3</sup>/sec(3.42%)로 동일한 저감량을 나타내었다. 또한 투수성 포장 역시 적용 소유역 위치에 상관없이 총 유출량이 13.28m<sup>3</sup>(18.09%), 침투 유출량이 0.27m<sup>3</sup>/sec(17.94%)로 동일한 저감량을 나타내었다. 따라서 SWMM모형의 LID모듈을 이용한 옥상녹화와 투수성 포장에 따른 우수유출저감량 모의는 적용 소유역 위치와는 상관성이 없다고 판단된다.
- (2) 옥상녹화와 투수성포장의 적용 소유역 개수(1개, 3개, 5개)에 따른 유출특성 분석결과, 두 LID 요소기술 모두, 3개 및 5개 소유역 적용결과는 각 1개 소유역 적용결과에 정비례하는 결과를 보였다. 따라서 SWMM 모형의 LID모듈에서 옥상녹화와 투수성포장은 적용 면적에 정비례하여 유출저감효과가 나타나는 것으로 판단된다.
- (3) 동일한 면적의 옥상녹화와 투수성포장을 소유역에 적용하였으나 우수유출량의 저감효과는 투수성포장이 옥상녹화보다 총 유출량이 최대 1.6배, 침투 유출량이 최대 5.4배 높은 저감효과를 나타내었다. 이와 같은 유출저감효과 차이의 발생 원인을 분석하기 위해 기존문헌조사를 바탕으로 SWMM모형의 LID모듈에 사용된 매개변수 값을 분석한 결과는 다음과 같다. 옥상녹화의 경우 토양의 두께가 152.4mm, 저류층의 깊이가 457.2mm로 총 저류깊이는 609.6mm로 설정되었고, 투수성 포장의 경우 포장층 두께 101.6mm, 저류층 깊이는 450mm로 총 저류깊이는 551.6mm로 설정되었다. 반면, 두 가지 방법의 투수성을 나타내는 수리전도도 값은 옥상녹화의 경우 12.7mm/hr, 투수성포장의 경우 1270mm/hr로 설정하였다. 옥상녹화의 수리전도도를 12.7mm/hr로 산정한 이유는 일반적으로 식물이 생육되기 위해서는 3.6~36mm/hr의 포화수리전도도를 가져야 하기 때문에 범위 값 중 12.7mm/hr를 사용하였다. 또한, 일

반적으로 투수성포장의 경우 360mm/hr이상의 투수성을 유지하도록 권장하며, 실험 결과 최대 19440mm/hr의 투수계수를 보인다. 따라서 360~19440mm/hr의 범위 값 내에서 투수성포장의 투수계수를 선정하였다. 매개변수 값의 분석결과 옥상녹화는 투수성포장에 비해 저류층이 9.51% (58mm)크지만, 투수성포장에 비해 투수성을 나타내는 수리전도도가 1/100수준이다. 따라서 옥상녹화는 충분한 저류깊이가 존재하지만 투수성이 낮기 때문에 투수성포장에 비해 우수유출수를 효과적으로 저류층에 전달하지 못하고 지표면으로 직접 유출되는 것으로 판단된다.

- (4) 따라서 향후 연구에서는 LID모듈의 합리적인 매개변수 산정에 관한 연구가 진행되어야 하며, 본 연구에서는 가상유역의 토지이용상태를 임의적으로 가정하여 임의의 LID 요소기술의 적용면적을 가정하였지만, 실제유역의 경우 소유역별 토지이용상태 조사를 바탕으로 가용한 LID 요소기술의 적용면적을 산정하여야 할 것이다.

#### References

- [1] National Institute of Environmental Research. The Study of Development Projects and The best Nonpoint Source management practices in Workplace to Pollution Load Management, ppl-306, 2009
- [2] C. Enyoung, The Analysis of LID Adaptation Efficiency on Urban Basin based on SWMM-LID Model, pp.1-102, Pusan National University, Department of Civil and Environmental Engineering, 2012
- [3] P. Junho, Y. Yonggu, P. Youngkon, Y. Heetaek, K. Jonggun, P. Younshik, J. Ji-Hong, L. Kyoung Jea, "Analysis of Runoff Reduction With LID Adoption using the SWMM, Journal of Korean Society on Water Quality, Vol. 24, No. 6, pp.806-816, 2008
- [4] K. Junhee, P. Inhyeok, H. Sungryoung, "The Analysis of Runoff Characteristics by Alterations of SCS-CN Value using LID Method", Journal of Environmental Impact Assessment, Vol. 19, No. 1, pp.49-57, 2010
- [5] S. Dongsoo, P. Jeabeom, K. Dookee, J. Deokjun, An Analysis of Runoff Mitigation Effect Using SWMM-LID Model for Frequently Inundated Basin, Vol. 13, No. 4, pp. 303-309, 2013

[6] L. Yongkyun, A Study of LID Technologies for Friendly Environmental Urban Development, pp.258, Pusan National University, Department of Civil and Environmental Engineering, 2010

[7] H. Curtis, W. Bruce, Low Impact Development Technical Guidance Manual for Puget Sound, pp.1-304, Washington State University Extension, Puget Sound Partnership Leadig Puget Sound Recovery, USA, 2012

[8] L. A. Rossman, Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, pp.1-285, EPA, 2010

[9] Korea Water Resource Corporation, The Study of Optimal LID Technology for Hydrophilic Space, pp.1-189, 2012

[10] J. Deokjun, L. Naeun, J. Byeonghoon, K. Dookee, "A Determination of the Acceptable Design Extreme Rainfall for the Improvement of Flood Disaster Prevention Ability, Korean Society of Hazard Mitigation, Vol. 12, No. 3, pp. 307-311, 2012  
DOI: <http://dx.doi.org/10.9798/KOSHAM.2012.12.3.307>

**연 종 상(Jong-Sang Yeon)**

[정회원]



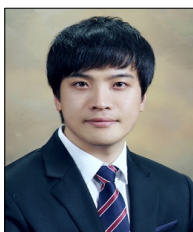
- 2013년 9월 : 선문대학교 토목공학과 (공학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 대학원 재학 중

<관심분야>

수자원시스템, 상하수도 관망시스템

**장 영 수(Young-Su Jang)**

[정회원]



- 2011년 2월 : 부산대학교 토목공학과 (공학사)
- 2013년 2월 : 부산대학교 토목환경공학 (공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 토목공학과 박사과정

<관심분야>

수공학, 수자원

**이 재 혁(Jae-Hyuk Lee)**

[정회원]



- 2000년 2월 : 부산대학교 토목공학과 (공학사)
- 2002년 2월 : 부산대학교 수공학 (공학석사)
- 2010년 5월 : (주)웹스 수자원개발 부장
- 2013년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 토목공학과 박사과정

<관심분야>

수공학, 수자원

**신 현 석(Hyun-Suk Shin)**

[정회원]



- 1990년 2월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 고려대학교 토목환경공학 (공학석사)
- 1997년 1월 : University of Colorado 토목환경공학 (공학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 토목공학과 교수

<관심분야>

수문환경 및 수자원

**김 응 석(Eung-Seok Kim)**

[정회원]



- 1995년 2월 : 동국대학교 토목공학과 (공학사)
- 1997년 2월 : 고려대학교 토목환경공학 (공학석사)
- 2002년 2월 : 고려대학교 토목환경공학 (공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

수자원시스템, 상하수도 관망시스템