

침투트렌치 시설의 유출저감 효과 분석

연종상¹, 장영수², 신현석², 김응석^{1*}
¹선문대학교 토목공학과, ²부산대학교 토목공학과

Analysis of Infiltration Trench Facility for Runoff Reduction Effect

Jong Sang Yeon¹, Young Su Jang², Hyun Suk Shin², Eung Seok Kim^{1*}

¹Department of Civil Engineering, Sunmoon University

²Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University

요약 도시화로 인한 도시유역의 불투수면적 증가에 따른 우수유출수 증가를 저감하기 위해 저영향개발의 계획 및 적용이 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 LID 요소기술 중 침투트렌치의 국내 적용성 및 성능검증을 위해 침투트렌치 실험 조건을 바탕으로 SWMM을 구축하여 유출량 및 비점오염원 저감효과를 분석하였다. SWMM의 침투트렌치 적용면적은 전체 유역면적의 5~15%의 면적에 적용하며 모의를 수행하였다. SWMM 모의결과 침투유출량은 45.7~61.9%, 총유출량은 47.2~62.3%, BOD 부하량은 52.3~55.3%의 저감효율로 분석되었다. 실험결과와 비교하면 유출량의 경우 12~24% 크며, BOD 부하량의 경우 37~38% 작게 산정되었다. 추후 침투트렌치의 적용성 및 성능검증에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract LID planning and application has been actively developed to reduce the runoff volume at increased impervious areas due to rapid urbanization. In this study, a performance and applicability evaluation was performed in an infiltration trench using the SWMM model, based on the experimental conditions for infiltration trenches. The infiltration trench application area was applied to 5~15% of the drainage area. The SWMM results of discharge and the BOD reduction efficiency were analyzed at a peak discharge of 45.7~61.9%, total discharge of 47.2~62.3%, and BOD load of 52.3~55.3. The discharge and BOD was estimated to be 12~24% higher and 37~38% smaller than the experimental results. This study can help in the application and performance evaluation of infiltration trenches.

Key Words : Infiltration trenches, Low Impact Development(LID), SWMM

1. 서론

현대 도시는 급격한 도시화와 산업화로 인하여 도심지 내의 불투수면적의 증가, 증발량 감소, 유역 내 침투량 감소 등으로 인해 우수유출수의 유출량의 증가를 가져왔다. 또한 제 34차 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change; 이하 IPCC) 총회에 따르면 21세기 후반의 폭염 증가 가능성은 90% 이상, 집중호우 발생빈도 증가 가능성은 66% 이상 발생할 수 있다고 발표하였다[1]. 이처럼 도시화에 따른 유출량 증가와 기후변화로 인한 집중호우 및 폭염 등에 의해 발생할 수 있는 침수피해 및 가뭄 등의 자연재해를

예방하기 위한 구조적 대책인 저영향개발(Low Impact Development; 이하 LID)기술이 연구 및 적용되고 있다. LID는 자연에 미치는 영향을 최소화 하여 개발하는 것으로 홍수 및 수질오염 저감을 위한 우수의 침투, 저류, 물순환체계를 고려한 토지이용 계획기법을 의미한다[2-4]. 이러한 LID기술 중 침투형 LID요소기술은 침투통, 침투트렌치, 침투측구 등의 소규모 시설물로서, 도시화 및 산업화로 인하여 별도의 부지확보가 어려운 도심지 내에서 적용이 용이한 LID요소기술이다. 침투트렌치는 대표적인 침투형 LID요소기술로서 우수유출수를 저류 및 침투시켜 대상지역 내 지하수자원 확보 및 우수한 통수능으로 우수관거의 대체시설로 활용이 가능하다.

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 August 14, 2014

Revised September 4, 2014

Accepted September 11, 2014

국내의 경우 침투트렌치의 우수유출수 및 비점오염원 저감효과와 실제 유역에 적용성에 대한 연구가 진행되어 지고 있다. [5]는 침투트렌치 적용방안을 위하여 실내에 침투트렌치의 실험모듈을 구성하여 침투트렌치의 경사와 선행토양함수조건(AMC)에 따른 실험을 수행하여 침투트렌치의 적용성을 분석하였다. [6]는 LID요소기술 중 침투통과 침투트렌치의 공동주택단지의 적용성을 분석하기 위하여, SWMM을 이용 동탄 및 신갈, 송도 등의 총 3곳의 지역을 대상으로 침투통과 침투트렌치의 기대효과를 분석하였다. [7]은 SWMM을 이용하여 현재 신도시 개발이 진행 중인 지역을 대상으로 침투트렌치의 적용 전후에 따른 우수유출수 저감효과를 분석하였다.

이와 같이 현재까지 침투트렌치 및 침투시설에 대한 실험 및 적용성 연구가 진행되어 왔다. 그러나 국내 실정을 고려한 침투트렌치의 성능검증 실험과 실험조건 및 결과를 바탕으로 실제유역에 적용하여 침투트렌치의 성능분석을 수행한 연구는 아직 미비하다. 따라서 본 연구에서는 침투트렌치의 실내실험을 통한 성능검증결과를 바탕으로 실제유역에 적용 시 유출저감 및 비점오염원의 저감효과를 비교·분석하여 침투트렌치의 적용성 및 성능 분석을 수행하였다. 침투트렌치를 모의할 대상유역은 지속적인 침수피해로 침투트렌치의 필요성과 설비가 가능한 가산 1 빗물펌프장을 대상유역으로 선정하였으며, SWMM모형으로 관망을 구축하여 침투트렌치의 성능분석을 수행하였다. SWMM을 이용하여 침투트렌치를 모의하기 위해 침투트렌치의 실내실험 일부조건을 바탕으로 입력 매개변수 및 강우조건을 적용하였다. 이후 침투트렌치의 실험결과와 SWMM을 이용한 모의결과를 비교·분석하여 침투트렌치의 실제유역 적용 시 성능분석을 수행하였다.

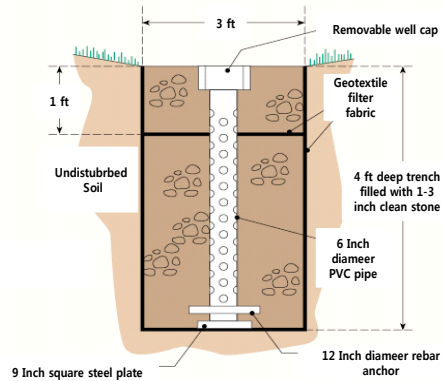
2. 연구방법

2.1 침투트렌치

침투트렌치는 침투시설의 대표적인 LID요소기술로서 침투트렌치라고도 불리며 1~2.5m깊이로 굴착한 도랑에 30~40mm의 쇠석을 충전한다. 침투트렌치에 저류된 우수유출수는 침투트렌치의 벽면에 설치된 투수시트를 통해 대상지역의 토양으로 침투시키거나 침투트렌치 내에 설치된 유공관을 통해 우수유출수를 배수시키는 LID요

소기술이다[7,8]. 침투트렌치의 경우 보통 도로주변이나 건물 등의 흙통 밑에 설치되어 건물 및 도로에서 발생하는 우수유출수를 처리하게 된다. 침투트렌치는 침투형 LID요소기술로서 다른 침투형 LID요소기술인 침투측구와 침투통 등과 복합적으로 적용될 수 있으며, 도로와 침투트렌치 사이에 식생여과대나 침강지 등의 완충대를 설치하여 비점오염원 제거효율을 높일 수 있는 LID요소기술이다[4].

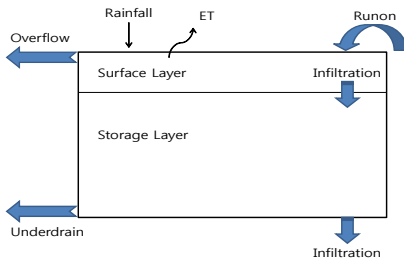
침투트렌치는 LID요소기술 중에서도 소규모로 적용이 가능한 기술로서 좁은 공간에 효과적으로 설치할 수 있으며, 우수유출수를 저류, 침투시키며 우수한 통수능을 갖기 때문에 우수관거의 대체시설로 활용가능하다. Fig. 1은 침투트렌치의 일반적인 구조를 모식도로 나타내었다.



[Fig. 1] Schematic of Infiltration Trench

2.2 SWMM모형의 LID모듈

SWMM 5.0(이하 SWMM)버전의 LID모듈(이하 SWMM-LID)은 총 5개의 층으로 구성되며 각 층별 고유 매개변수를 입력하며, 단위면적당 특성을 고려하여 LID요소기술을 모의할 수 있다. 이 특성은 같은 제원의 LID요소기술을 다른 토지피복 특성을 가진 소유역에 적용하는 것을 가능하게 하며 SWMM 모의 동안 물수지 균형을 유지하면서 각 층별 내에서 저류되고 순환되는 정도를 파악할 수 있다. SWMM-LID의 모의방법은 Fig. 2와 같이 우수유출수가 LID요소기술로 유입되면 각 층에서 침투 및 증발, 저류, 배수 등의 일련의 과정이 각 층별 특성에 따라서 모의된다. Fig. 2는 SWMM-LID에서 LID요소기술 중 침투트렌치의 구성과 물순환 과정을 나타내었다.

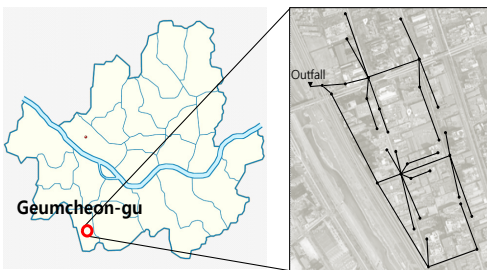


[Fig. 2] Schematic of Infiltration Trench

3. 적용 및 결과

3.1 대상유역

본 연구의 대상유역은 서울시 금천구에 위치한 유역 면적 484,620m²의 가산 1 빗물펌프장 유역으로, 남서쪽으로 안양시와 광명시, 북동쪽으로는 구로구, 동작구와 경계를 이루고 있고 서울디지털단지 2, 3공단 등 소규모의 공장들이 위치해 있어 서울시의 대표적인 공업지역으로 알려져 있다. 또한 대상유역은 매년 침수피해가 발생하고 있기 때문에 소규모로 우수유출수를 처리할 수 있는 침투트렌치를 적용하여 성능검증을 수행할 수 있다고 판단하여 선정하였다. Fig. 3은 대상유역의 위치와 SWMM 모형을 이용하여 구축한 관망도를 나타내었다.



[Fig. 3] Study Basin

3.2 모형구축

본 연구의 대상유역인 가산 1 빗물펌프장 유역은, SWMM을 이용하여 32개의 절점과 33개의 관거, 그리고 1개의 유출구로 구축되었다. 대상지역이 공업지역임을 고려하여 불투수율을 80%로 적용하였고, 관거의 조도계수는 0.017로 적용하였다. 강우조건은 침투트렌치 실험에서 적용한 강우강도 5mm/hr를 이용하여 적용하였다. 강우지속시간은 [10]의 IETD를 이용하여 서울시의 강우분

석 결과인 평균 지속시간 약 13시간을 이용하여 모의를 수행하였다.

SWMM-LID에서 침투트렌치를 모의하기 위해서는 SWMM-LID에서 침투트렌치의 표면층, 저류층, 암거층 등의 총 3개 층에 대한 매개변수를 입력해야 한다. SWMM-LID에서 침투트렌치의 입력매개변수는 표면층의 표면저류 깊이, 식생, 조도계수, 표면경사 등과 저류층의 저류층 높이, 공극률, 포화수리전도도, 공극막힘 계수 등 그리고 마지막으로 암거층의 암거특성을 결정하는 지수 및 계수, 암거단차높이 등의 총 11개의 매개변수를 입력해야한다. 본 연구에서는 침투트렌치 실험결과를 바탕으로 SWMM-LID의 입력매개변수를 산정하였다. 그러나 침투트렌치 검증 시 실험모들의 세부적인 규모 및 성능이 제시되지 않아 SWMM-LID 침투트렌치 모의에 필요한 총 11가지 입력매개변수 중 표면 경사 및 저류층 높이 등의 총 2가지 매개변수 실험조건을 바탕으로 입력하였다. Table 1과 같이 표면 경사를 5%, 저류층의 깊이는 700mm의 값을 입력하여 모의하였다.

[Table 1] Infiltration Trench Application Parameters

Layer	Parameters	Value
Surface Layer	Storage Depth(mm)	150
	Vegetation	0
	Surface roughness	0.013
	Surface Slope(%)	5
Soil Layer	Height(mm)	750
	Void Ratio	0.4
	Conductivity(mm/hr)	210
	Clogging Factor	0
Underdrain Layer	Drain Coefficient(mm/hr)	0
	Drain Exponent	0.5
	Drain Offset Height(mm)	0

Input parameters of infiltration trench were selected [08],[11] to quote.

Table 1은 침투트렌치의 입력매개변수 값을 나타내었다. 따라서 나머지 9개의 입력매개변수의 경우 [8]과 [11]에서 제시된 입력 매개변수 값과 침투트렌치의 표준단면 및 성능을 이용하여 매개변수를 선정하였다.

또한 침투트렌치의 비점오염원 저감효과를 모의하기 위해서 SWMM의 수질모듈을 이용한 모의를 수행하였다. SWMM의 수질모의는 토지이용상태에 따른 오염물질의 축적(Buildup) 및 유실(Washoff)에 대한 입력매개변수를 입력해야한다. SWMM에서 수질모의를 위해 축적은 Exponential 공식을 선정하였으며, 유실은

EMC(Event Mean Concentration)를 선정하여 모의를 수행하였다. 축적 및 유실의 입력매개변수는 대상지역인 가산 1빗물펌프장 유역의 토지이용상태를 고려하여 선정하였다. 본 연구의 대상지역인 가산 1 빗물펌프장 유역은 서울시의 대표적인 공업지역으로 분류된다. 따라서 [12]와 [13]에서 제시한 공업지역의 BOD 원단위와 유량가중 평균농도(Event Mean Concentration, EMC)를 이용하여 모의를 수행하였다. Table 2와 같이 BOD의 가능최대축적량은 31.8(kg/ha), 축적비율상수는 0.25(1/day), EMC 유실계수는 13.32(mg/L)의 값을 입력하였다. Table 2는 SWMM에 입력된 오염물질의 입력매개변수 값을 나타내었다.

[Table 2] Application Parameters of SWMM Water Quality

Parameter		Input Value
Buildup (Function : EXP)	Max. Buildup(kg/ha)	31.8
	Rate Constant(1/day)	0.25
Washoff (Function : EMC)	EMC Coefficient(mg/L)	13.32

Input parameters of SWMM water quality were selected [12],[13] to quote.

3.3 침투트렌치 적용면적

침투트렌치의 경우 소규모 시설물로서 도시의 다양한 지역에 다양한 규모로 적용이 가능하다는 특징을 가지고 있다. 따라서 본 연구의 대상지역인 가산 1빗물 펌프장유역의 경우 공업지역으로 대부분의 지역이 공장 및 건물, 도로, 주차장으로 구성되어있다. 따라서 도로 주변과 건물의 흠통 밑 부분에 적용될 수 있다고 판단된다.

가산 1빗물 펌프장의 경우 전체면적 484,620(m²) 중 도로의 면적이 103,427m²(21.34%)을 차지하며, 건물이 210,215m²(43.38%)의 면적을 차지하는 것으로 분석되었다. 따라서 침투트렌치의 경우 전체면적대비 최대 10%내의 면적에 적용이 가능할 것으로 판단하여, 침투트렌치의 적용 면적을 전체면적의 5%, 10%, 15%에 해당하는 면적을 각각 적용하여 Table 3과 같이 나타내었다.

[Table 3] Infiltration Trench Application Areas

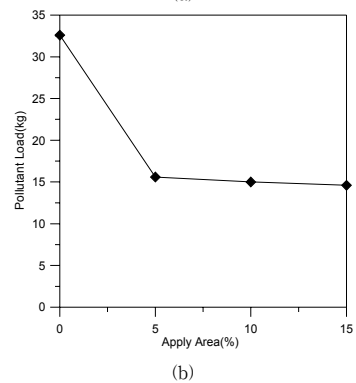
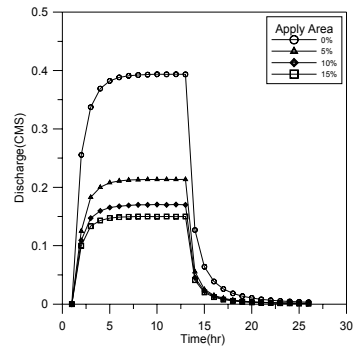
LID Application Method	LID Application Area Ratio			
	0%	5%	10%	15%
Infiltration Trench(IT)(m ²)	0	24,231	48,462	72,693

3.4 SWMM-LID(침투트렌치)모형 적용결과

본 연구에서는 침투트렌치의 실내실험을 통한 검증결과를 바탕으로 SWMM-LID로 모의 시 침투트렌치의 성능을 비교 분석하였다.

[Table 4] Results of SWMM Simulation

Runoff Characteristics	LID Application Area Ratio			
	0%	5%	10%	15%
Peak Discharge(m ³ /sec)	0.39	0.21	0.17	0.15
Total Runoff Volume(m ³)	4.03	2.13	1.71	1.52
BOD Load(kg)	32.60	15.55	15.06	14.58



[Fig. 4] Runoff Hydrograph Results and BOD Results form SWMM Simulation

(a) Runoff Hydrograph Results (b) BOD Results

SWMM을 이용하여 침투트렌치를 모의한 결과 Table 4 및 Fig 4와 같이 적용면적에 따라 전체면적의 0%(미적용) 적용 시 총유출량은 4.03m³, 침투유출량은 0.39m³/sec, BOD 부하량은 32.60kg으로 산정되었다. 전체면적의 5%면적에 침투트렌치를 적용 시 총유출량은

2.13m³, 침투유출량은 0.21m³/sec, BOD 부하량은 15.55kg이 산정되었으며, 10%면적에 적용 시 총유출량은 1.71m³, 침투유출량은 0.17m³/sec, BOD 부하량은 15.06kg으로 산정되었다.

마지막으로 전체면적의 15%면적에 적용 시 총유출량은 1.52m³, 침투유출량은 0.15m³/sec, BOD 부하량은 14.58kg으로 산정되었다. Table 2는 침투트렌치를 SWMM-LID에 적용하여 산정한 결과를 나타내었다. Fig. 4는 침투트렌치를 SWMM-LID에 적용하여 산정한 유출수문곡선 및 비점오염원 부하량을 나타내었다.

침투트렌치의 적용 면적에 따른 저감효율을 분석해보면 Table 5과 같이 미적용 시 보다 전체면적에 5%면적을 침투트렌치로 적용했을 때 총유출량은 47.2%, 침투유출량은 46.2%, BOD 부하량은 52.3%의 저감효율을 나타내었다. 또한 10%면적에 적용 시 총유출량은 56.4%, 침투유출량은 57.6%, BOD 부하량은 53.8%의 저감효율을 나타내었으며, 15%면적에 적용 시 총유출량은 61.9%, 침투유출량은 62.3%, BOD 부하량은 55.3%의 가장 큰 저감효율을 나타내는 것으로 분석되었다. Table 5은 침투트렌치 시설에 관한 SWMM-LID 모형적용 결과와 실내실험 결과를 비교하여 나타내었다.

[Table 5] compare Result of SWMM and Experiment

Division	Peak Discharge Reduction Efficiency (%)	Total Runoff Volume Reduction Efficiency (%)	BOD Reduction Efficiency (%)
Experimental Results	37.5~41.2	37.5~37.9	90~92
SWMM Simulation results	0%	0	0
	5%	45.7	47.2
	10%	56.7	57.6
	15%	61.9	62.3

침투유출량과 총유출량의 경우 SWMM-LID를 이용하여 침투트렌치의 저감효율이 적용 면적에 따라 침투유출량은 8.2~20.7%, 총유출량은 9.7~24.4% 더 큰 것으로 분석되었다. 반대로 비점오염원의 경우 실내실험을 통해 산정된 저감효율이 36.7~37.7% 더 큰 것으로 분석되었다. 이처럼 실내실험과 SWMM-LID의 침투트렌치 성능 검증결과에 차이가 발생하는 원인은 첫 번째로 SWMM에 입력되는 총 11개의 침투트렌치 매개변수 중 표면 경사 및 저류층 높이를 제외한 9개의 매개변수에 대한 침투

트렌치의 실험조건을 정확하게 입력하지 못했기 때문에 실험에 사용된 침투트렌치의 성능을 온전하게 모의할 수 없었다. 두 번째로 침투트렌치 실험모듈의 전체면적 중 침투트렌치의 면적을 정확하게 파악하여 SWMM 적용 시 실험조건과 동일한 비율의 면적을 적용하지 못했기 때문인 것으로 판단된다. 침투트렌치 실험에 사용된 실험모듈의 경우 불투수지역인 도로, 투수지역인 완충대와 침투도랑 등의 총 3개의 구역으로 구분되며, 실험모듈의 전체 면적 중 침투도랑이 설치된 면적비율을 정확하게 파악해야 한다. 이러한 이유는 전체 면적 중 침투트렌치가 차지하는 면적에 따라 우수유출수의 처리량이 크게 달라지기 때문에 정확한 적용면적 비율을 SWMM에 적용하여 모의해야 한다. 세 번째로 침투트렌치 실험에 사용된 오염물질의 정확한 양을 SWMM에 적용하지 못하였기 때문인 것으로 판단된다. 비점오염원 제거 효율을 경우 강우조건 및 침투트렌치의 규모에 따라 달라질 수 있으며, 오염물질의 적용 양에 따라서도 크게 변화될 수 있기 때문에 비교적 정확한양의 오염물질을 적용해야 된다고 판단된다. 침투트렌치의 실내실험의 조건을 SWMM-LID로 구현하기 위해서는 위와 같은 3가지사항들에 대하여 기록 및 측정이 수행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 침투트렌치의 실험결과를 바탕으로 SWMM-LID를 적용 후 비교분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

SWMM-LID를 이용하여 침투트렌치를 모의한 결과 대상구역의 전체면적의 5~15%에 적용 시 총유출량은 1.52~2.13m³, 침투유출량은 0.15~0.21m³/sec, BOD부하량은 14.58~15.55kg으로 산정되었다. 침투트렌치 실험결과와 비교한 결과 총유출량은 9.7~24.4%, 침투유출량은 8.2~20.7% 크며, BOD부하량은 36.7~37.7% 낮은 저감효율을 나타내었다. 이러한 결과차이가 발생한 원인은 첫 번째로 SWMM에 입력되는 침투트렌치 매개변수 11개 중 표면 경사 및 저류층 높이등의 총 2개의 매개변수만을 실험조건과 동일하게 입력하여 모의를 수행하였기 때문이다. 두 번째로 침투트렌치 실험에 사용된 실험모듈 내 침투트렌치가 차지하는 정확한 면적비를 SWMM

에 적용하여 모의하지 못하였기 때문이다. 세 번째로 실험에 사용된 정확한 오염물질의 양을 SWMM에 적용하여 모의하지 못하였기 때문에 유출저감효과 및 비점오염원 저감효과의 차이가 발생한 것으로 판단된다.

추후 연구에서는 SWMM의 침투트렌치 모의에 필요한 매개변수에 대한 실험 및 계측이 필요할 것으로 판단되며, 실험 및 계측결과를 바탕으로 침투트렌치의 성능 검증이 필요할 것으로 판단된다.

References

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change, Managing The Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, pp. 1-280, 2012
- [2] National Disaster Management Institute, Runoff Reduction Facilities Installed Technique, pp. 1-220, 2000
- [3] National Institute of Environmental Research, Nonpoint Source Pollution Best Management Guidelines for The Total Water Quality Management, pp. 1-144, 2012
- [4] Ministry of Environment, Low Impact Development Techniques Apply Manual for Environmental Impact Assessment, pp. 1-30, 2013
- [5] J. Dojoon, A. Seungsub, K. Yuntea, An Experimental study on the Application Method of Infiltration Trench, Korean Society of Hazard Mitigation, Vol.10, No.6, pp. 147-154, 2010
- [6] S. Joohwan, L. Inkyu, The Water Circulation Improvement of Apartment Complex by applying LID Technologies, Journal of Korean Institute of Landscape Architecture, Vol.41, No.5, pp. 68-77, 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.9715/KILA.2013.41.5.068>
- [7] H. Kyounghak, L. Jungmin, Impacts on Water-Cycle by Land Use Change and Effects of Infiltration Trenches in Asan New Town, Journal of Korean Society of Water and Wastewater, Vol.24, No.6, pp. 691-701, 2010
- [8] Municipality of Anchorage, Low Impact Development Design Guidance Manual, pp.68, 2008
- [9] National Emergency Management Agency, Runoff Reduction Facilities Type, Construction and Maintenance of Standards, pp. 1-152, 2010
- [10] K. Jeho, Rainfall Analysis to Estimate the Amount of Non-point Source Pollution, Korea University, School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, pp. 1-95, 2003
- [11] US Environmental Protection Agency, Storm Water Management Model User's Manual Version 5.0, pp. 1-295,

2010

- [12] Korea Environment Institute, Best Management Practices for Reducing Nonpoint Source, pp. 1-212, 2002
- [13] National Institute of Environmental Research, Evaluation of Non-Point Sources Loading(1), pp. 1-87, 2006

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

연 종 상(Jong-Sang Yeon)

[정회원]



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

<관심분야>

수자원시스템, 상하수도 관망시스템

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

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