

도시지역 우수유출 저감을 위한 식재박스형 침투시설의 개발

주진걸^{1*}, 조혜진², 이유화², 김이형³

¹고려대학교 방재과학기술연구소, ²건설기술연구원 도로연구실
³공주대학교 건설환경공학부

Development of infiltration facility by utilizing tree box for urban storm water runoff reduction

Jin Gul Joo^{1*}, Hye Jin Cho², Yu Hwa Lee² and Lee Hyung Kim³

¹Research Center for Disaster Prevention Science and Technology, Korea University

²Korea Institute of Construction Technology

³Department of civil and environmental engineering, Kongju National University

요 약 우수유출저감과 건전한 도시 물순환 환경의 구축을 위하여 다양한 침투시설들의 개발 및 적용이 점점 중요해지고 있다. 본 연구에서는 도시에서 가로수목공간으로 사용되는 식재박스를 활용하여, 우수유출의 저감, 도시내 물순환 체계 개선 및 친환경적인 기능을 수행할 수 있는 침투시설을 개발하였다. 개발된 시설은 작은 규모로도 설치할 수 있어 광로, 대로, 중로, 소로 및 보행도로나 좁은 공간의 구분없이 설치가 가능하여, 기존 도시 및 신도시 등에 광범위하게 적용할 수 있다. 개발된 기술을 4차로에 적용할 경우 식수대의 설치간격을 6m미만으로 유지한다면, 98%의 호우사상에 대하여 우수의 유출을 65% 이상 저감할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구에서 개발된 가로수목공간 조성기술 적용을 통하여, 우수유출 저감에 따른 치수효과와 더불어 녹색도시의 구현이 가능할 것으로 기대된다.

Abstract It becomes more and more important to develop various infiltration facilities for healthy water cycle and reduction of urban storm water runoff. In this study, a infiltration facility by utilizing tree box was developed. The developed facility is capable of reducing storm water road runoff, improving urban water cycle, and performing other sustainable and environmental functions. Because the facility can be manufactured to a smaller size than an existing runoff reduction facility, it can be installed at various road types of not only existing urban areas, but new developed areas. If the facility is applied to four-lane roadways, it is expected to reduce 65% of rainfall runoff discharge. Urban flood control improvement can be accomplished by a wide application of the developed technique.

Key Words : Storm Water Runoff Reduction, Hydrologic Cycle, Infiltration, Street Tree Space, Urbanization

1. 서론

우리나라는 근대화 이후 국토의 상당부분에서 도시화가 꾸준히 진행되고 있으며, 이러한 도시화는 과거 유류지나 녹지였던 지역을 건물, 도로, 주차장 등의 불투수지

역으로 바꾸어 놓았다. 불투수면적의 증가로 유역전반에 걸쳐 표면조도계수 및 침투율이 감소하였다[1, 2, 3]. 이러한 변화는 호우시 침투유출량을 증가시켜 도시유역을 침수에 취약하게 하였으며, 국지성 집중호우 및 내수배제 능력 부족과 더불어 도시지역의 내수침수피해 증가의 주

본 연구는 한국건설기술연구원의 도시부 온도저감형 도로 기술 개발 과제로 수행된 결과를 정리한 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

*교신저자 : 주진걸(civilguy97@hanmail.net)

접수일 11년 09월 01일

수정일 11년 10월 05일

게재확정일 11년 11월 01일

요한 원인이 되었다[4]. 2010년 9월과 2011년 7월 서울의 침수피해는 최근 내수배제능력 부족으로 인한 피해의 전형적인 형태를 보여준다. 또한 불투수면적의 증가는 우수 침투량을 감소시켜, 지하수위 하강, 도시하천의 건천화, 도시평균기온 상승 등 건전한 물순환시스템을 파괴하고, 결과적으로는 수생태계의 파괴를 초래하였다[5, 6, 7]. 도시화로 인한 문제들을 해결하기 위하여 우수 재이용 및 저류시설의 설치, 불투수성 포장재의 투수성 포장재 대체, 옥상녹화 등의 활동이 진행되고 있으며, 이러한 시설의 효과를 분석하기 위한 연구들도 활발하게 진행되고 있다[8-14]. 이러한 기존 시설들은 우수유출의 저감을 위하여 개발되었으며, 설치로 인한 효과도 주로 우수유출 저감으로 인한 재난관리의 관점에서 검토되었다. 본 연구에서는 기존의 우수유출 저감효과와 더불어 비점오염원의 유출저감, 도시지역의 물순환 개선, 도시 외관의 미적인 측면을 고려하고, 건기동안의 활용, 우수의 저류에 따른 악취 등 민원발생 문제 등을 해결할 수 있는 침투시설을 개발하고자 한다. 또한 개발된 시설을 도시구역에 설치함에 따른 기대효과 및 활용방안에 대하여 검토하고자 한다.

2. 기존 우수유출저감(침투촉진) 시설물

우수유출 저감시설은 저감 방법에 따라 크게 저류시설과 침투시설로 구분할 수 있다. 저류시설은 강우시 우수를 지역내(on-site) 또는 지역외(off-site)에 일시적으로 저류시킨 후, 수위 하강 후 방류하여 유출량을 감소시키는 시설을 뜻한다. 우수지, 방개조절지, 유역 및 단독 저류시설 등이 이에 해당한다. 침투시설은 우수의 직접유출량을 저감하기 위하여 지중으로의 침투가 용이하도록 설치된 시설을 뜻한다. 침투통, 침투트렌치, 침투측구, 투수성포장, 식재박스 등이 이에 해당한다.

침투통, 침투트렌치 및 침투측구는 인근의 불투수지역에서 발생한 우수를 집수하여, 유공관 또는 입경이 큰 재료로 채워져 있는 집수정, 트렌치, 측구의 측면과 바닥을 통하여 땅속으로 침투시키는 시설이다. 투수성포장은 별도의 집수시설 없이, 우수가 포장재의 공극을 통하여 직접 지표면 아래로 침투되도록 하는 포장공법이다. 투수성포장은 장기간 투수가 진행되면 포장의 공극이 막히게 되어 기능이 급격하게 저하되므로, 유지관리에 의한 침투효율의 차이가 크게 발생할 수 있다. 식재박스는 도로변의 수목 공간을 침투통처럼 활용하여 식생의 아래쪽에 투수를 위한 공간을 두어 우수의 침투를 늘리는 시설이다. 식재박스는 도로측으로부터 유입구를 통하여 유입된

강우유출수를 식생의 토양층과 여재층을 하향 통과하면서 오염물질이 여과되고, 박스체의 하부에 구비된 배수관을 통하여 지중이나 우수관로 또는 집배수로 배수되는 구조를 갖추고 있다.

식재박스는 가로수목의 하부에 침투공간을 두어, 토지이용이 고밀도로 이루어지는 도시지역의 공간을 효율적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 통상적인 우수저류시설에서 발생할 수 있는 악취 문제, 건기시 활용방안 등을 해결할 수 있으며, 식생으로 인한 도시미관의 증대효과를 얻을 수도 있다.

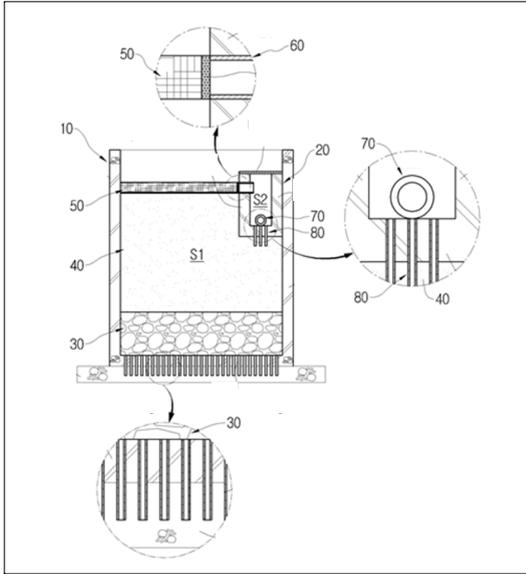
그러나 식재박스는 하부의 침투시설 때문에 배수가 너무 잘되어 건기시 가로수 등 수목의 생장에 필요한 수분을 충분히 확보하지 못하게 되어 수목의 식생환경이 불량하게 되는 문제점이 있다. 또한 식재박스로의 유입수량에 따른 효율적인 비점오염원의 처리가 이루어지지 않게 되는 문제점이 있으며, 여재층의 과부하에 따른 폐색이 발생할 경우 여재의 유지관리가 불리한 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 도로의 수목공간을 활용하여 물 순환환경을 구축하고, 강우유출수의 선택적인 처리를 통하여 비점오염물질의 효율적인 처리가 가능하며, 비점오염원의 제거효율이 높고, 식재된 수목에 대한 수분공급이 충분하게 이루어지게 되는 가로수목공간 조성기술을 개발하고자 한다.

3. 가로수목공간 조성기술의 개발

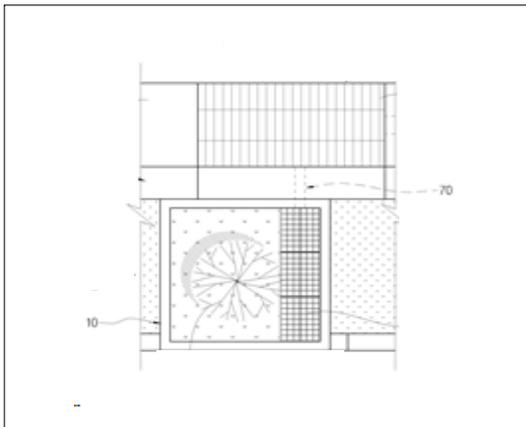
본 연구에서는 도로에서 미관 및 유희공간인 수목공간을 활용하여 우수유출 저감, 도시구역의 건전한 물순환기능 회복, 비점오염원의 유출 저감 등의 목표를 달성하고자 가로수목공간 조성기술을 개발하였다(특허번호 11-2011-0000127 국내특허출원). 개발된 시설은 식재 및 여과공간을 가지는 박스형 가로수목 식재박스 몸체(10), 집수공간을 가지는 박스형 집수챔버(20), 하층 여재층(30), 식생토양층(40), 상층 여재층(50), 1단계 월류통로(60), 배수관(70), 투수통로(80)로 구성되어 있으며, 구조는 그림 1, 2와 같다.

집수챔버의 상면 개방부는 그레이팅으로 복개하여 일정크기 이상의 부유물질의 유입을 방지한다. 상층 여재층은 우드칩(wood chip), 하층 여재층은 모래와 자갈등 표면적이 큰 다공성 여재로 채워져 있어, 우수의 침투를 빠르게 하고, 미세토사나 중금속의 흡착을 용이하게 하여 여과작용을 통하여 입자성과 용존성 물질의 제거효율을 증대시킬 수 있다. 식생토양층은 식생에 유리한 혼합토, 영양토양 또는 지역토를 채우며, 1단계 월류통로의 입구

에는 그물망을 설치하여 오염물질이 집수챔버(20) 내부로 유입되는 것을 방지하도록 한다. 배수관은 보도와 차도 사이에 설치되는 맨홀 또는 집수정에 연결한다.



[그림 1] 수목공간 조성시설의 구조
[Fig. 1] Structure of the developed street tree space facility

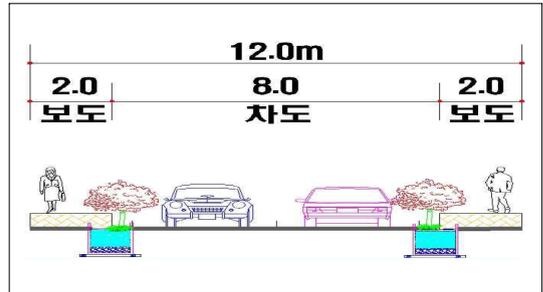


[그림 2] 수목공간 조성시설의 평면도
[Fig. 2] Floor plan of the developed street tree space facility

가로수목 식재박스는 보도와 차도 사이의 식생대에 설치되는 것으로 통상적인 가로수 설치 구역인 보도 측에 설치된다. 이때 강우시 보도 및 차도의 우수가 식재박스 몸체의 전후좌우벽체의 상단을 월류하여 식재 및 여과공간내(S1)로 유입될 수 있도록 설치한다. 식재 및 여과공

간으로 유입된 강우유출수는 상층 여재층, 식생토양층, 하층 여재층을 차례로 통과하며 여과되어 비점오염물질이 처리된다. 우수는 최종적으로 지중투수통로를 통하여 지하로 배수되어, 식생토양층에 지나치게 많은 양의 강우유출수가 장기간 체류하여 식재된 수목의 성장에 지장을 주는 것을 방지한다.

우수유출수의 유입속도가 침투속도보다 빠르거나, 식생토양이 포화되면 강우유출수는 1단계 월류통로를 통해 월류하여 집수챔버의 집수공간으로 유입된다. 1단계 월류통로의 월류량을 초과하는 호우가 발생시에는 우수유출수는 집수챔버의 벽체를 월류하여 그레이팅된 부분을 통하여 별도의 여과과정 없이 집수공간으로 유입된다. 집수공간으로 유입된 우수는 대부분 배수관을 통하여 배수되며, 일부는 복수개의 투수관으로 구성된 투수통로를 통하여 다시 식생토양층으로 투수되어, 초목의 식생에 필요한 수분으로서 제공된다. 이를 통하여 식재된 초목의 성장에 필요한 수분을 충분히 확보하여, 초목의 활발한 성장을 유도하였다. 그림 3은 개발된 수목공간 조성기술이 도로에 설치된 모습을 나타낸다.

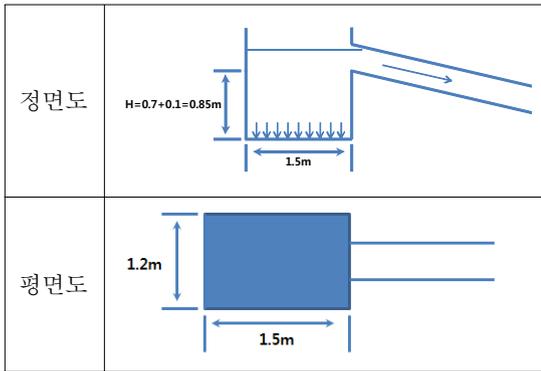


[그림 3] 개발된 수목공간 조성기술의 설치 예
[Fig. 3] Applied example of the developed street tree space facility

4. 가로수목공간조성기술 설치 효과분석

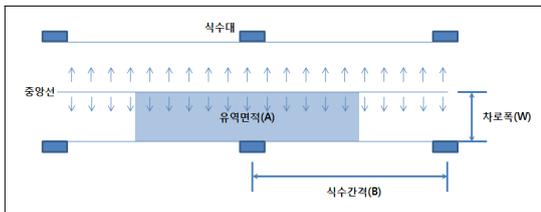
본 연구에서는 SWMM 5.0 모형 및 DLL을 사용하여 가로수목식재박스의 설치에 따른 우수유출저감 연구를 수행하였다. SWMM은 1971년 미국 EPA의 지원아래 Metcalf & Eddy 사가 Florida 대학 및 W.R.E와의 공동 연구로 도시구역 하수시스템 내의 유량과 수질을 모의할 수 있도록 개발된 후, 꾸준한 업데이트를 통하여 그 성능이 향상되어 왔다[15]. SWMM은 도시의 유출 유량과 수질의 모의에 가장 잘 알려진 모형으로 국내외 연구 및 실무에 널리 이용되고 있다.

식재박스의 몸체는 공극이 큰 여재로 채워져있어, 강우초기 신속하게 물을 침수시키나 식재박스가 포화된 이후 식재박스 하부로 침투는 그 속도가 현저하게 떨어진다. 이에 본 연구에서는 식재박스를 SWMM 모형의 storage unit을 사용하여 모의하였다. 식재박스의 몸체 중 여재를 제외한 공극에 해당하는 부피를 저류공간으로 가정하였으며, 월류턱 까지의 높이를 storage unit의 높이로 가정하였다. 공극비는 일반적인 모래 및 실트의 값인 0.5로 가정하여, 총 식재박스 깊이의 절반에 월류턱 높이 10cm를 더하여 storage unit의 깊이를 85cm로 결정하였다. 식재박스 하단으로의 침투는 storage unit 바닥에서의 침투모듈인 Green Ampt 방법을 사용하여 모의하였다. 식재박스의 제원 및 모의 형태는 그림 4와 같다.



[그림 4] SWMM 모형상에서 식재박스 형태 및 모의방법
[Fig. 4] Shape and simulation method of tree box within SWMM

가상적인 도로에서의 식재박스 설치에 따른 우수유출 저감효과를 모의하였다. 도로의 양쪽에 식수대가 설치되어 있는 것으로 가정하였으며, 도로의 횡경사는 1%로 가정하였다. 유역폭은 식수대의 간격(B), 불투수지역의 조도계수는 0.01을 적용하였다. 대상유역은 도로이며, 완전 불투수지역으로 가정하였다. 그림 5는 대상유역의 개념도를 나타낸다.



[그림 5] 가상유역도
[Fig. 5] Imaginary catchment shape

다양한 강우와 유역의 특성에 따라 모의를 수행하였으며, 각 모의 case는 다음과 같다. 표 1은 유역경우별 면적을 나타낸다. 강우는 별도로 시간분포 시키지 않았으며, 동일한 강도로 일정하게 내리는 것으로 가정하였다.

- 식수대 간격 : 6m, 8m, 10m, 12m
- 차로수 : 2차로(편도 폭 10m), 4차로(편도 폭 20m), 6차로(편도 폭 30m)
- 강우량 : 10mm/hr, 20mm/hr, 30mm/hr

[표 1] 식수대 간격 및 차선 조건에 따른 가상유역면적
[Table 1] Areas of imaginary catchment by tree box interval and lane width

차선	식수대 간격			
	6m간격	8m간격	10m간격	12m간격
2차선 (10m)	60	80	100	120
4차선 (20m)	120	160	200	240
6차선 (30m)	180	240	300	360

가상유역에서의 모의결과를 표 2와 표 3에 나타내었다. 가상유역에서의 모의결과 총 강우체적이 식재박스 본체의 총 공극의 크기로 가정한 storage unit의 부피인 1.53 m³보다 작은 경우는 유출이 발생하지 않았다. 또한 모의 결과 대상유역의 면적이 커지고, 강우강도가 커질수록 총 우수유출량은 증가하고, 우수유출 저감율이 감소하는 것으로 나타났다(그림 5). 2차로 도로의 경우 식수대의 설치간격이 6m 미만이면, 30mm/hr 이상의 호우에서도 총 우수의 80%이상을 저감할 수 있는 것으로 나타났다.

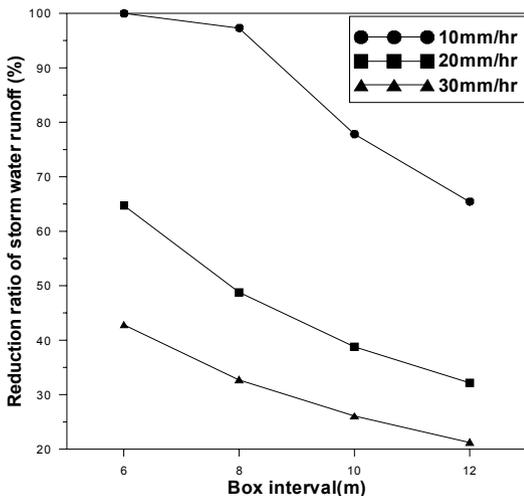
[표 2] 강우 및 유역조건에 따른 총 우수유출량(m³)
[Table 2] Total runoff volume by rainfall and catchment conditions

모의 강우	차로폭	식수대 설치간격			
		6m	8m	10m	12m
10mm/hr	2차선(10m)	0.000	0.000	0.000	0.000
	4차선(20m)	0.000	0.042	0.443	0.829
	6차선(30m)	0.230	0.824	1.429	2.020
20mm/hr	2차선(10m)	0.000	0.053	0.458	0.856
	4차선(20m)	0.846	1.640	2.449	3.253
	6차선(30m)	2.026	3.242	4.449	5.590
30mm/hr	2차선(10m)	0.256	0.860	1.461	2.065
	4차선(20m)	2.057	3.227	4.435	5.669
	6차선(30m)	3.854	5.642	7.428	9.183

[표 3] 강우 및 유역조건에 따른 우수유출 유출저감율(%)
 [Table 3] Reduction ratio of storm water runoff by rainfall and catchment conditions

모의 강우	차로폭	식수대 설치간격			
		6m	8m	10m	12m
10mm/hr	2차선	100.00	100.00	100.00	100.00
	4차선	100.00	97.36	77.86	65.47
	6차선	87.20	65.69	52.38	43.89
20mm/hr	2차선	100.00	96.68	77.12	64.32
	4차선	64.76	48.76	38.79	32.22
	6차선	43.72	32.46	25.84	22.36
30mm/hr	2차선	85.78	64.17	51.30	42.65
	4차선	42.88	32.77	26.08	21.27
	6차선	28.63	21.64	17.46	14.97

1981년부터 2008년까지 28년간 서울 관측소 시강우 기준으로 강우가 관측된 구간은 총 5,335시간이다. 이 중 전체의 94.5%가 10mm/hr 미만의 강우이며, 20mm/hr 이상의 호우는 전체의 단 1.6%에 불과하였다. 따라서 4차선 도로의 경우 식수대의 설치간격을 6m미만으로 유지한다면, 98%의 호우사상에 대하여 우수의 유출을 최소한 65% 이상 저감할 수 있는 것으로 나타났다.



[그림 6] 강우강도에 따른 우수유출저감율
 [Fig. 6] Reduction ratio of storm water runoff by rainfall

가로수목공간 조성기술의 설치에 따른 또다른 효과는 비점오염원 유출의 저감이다. 강우 초기 도로에서 유출되는 고농도 오염물을 포함하고 있는 우수는 상하층 여재층과 식생토양층에서 여과되고 지표의 오염물 대부분이 흘러나간 이후인 호우의 침투 부분에서 저농도 우수만이

배수관을 통해 유출된다. 따라서 도로에서 발생하는 비점 오염물질 대부분이 본 기술에 의하여 처리되며, 이는 하천 및 저수지 등 도시 수계의 수질개선에 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

가로수목공간 조성기술의 여타 침투시설과의 차이점 중 하나는 건기동안의 활용성이다. 기존의 침투를 활용한 우수저감시설들은 비가 오지 않을 때에는 물의 고임으로 인하여 위생, 벌레발생, 악취 등의 문제로 인한 문제가 발생하였다. 그러나 가로수목공간 조성기술은 침투촉진공간이 흠으로 덮여있고, 침투시설의 상부에 수목이 자리하고 있어 이러한 문제가 해결되었다. 도로변 및 도시의 자투리 공간 등 다양한 공간에 설치 가능하기 때문에 우수의 침투촉진 효과뿐만이 아니라 식생에 의한 도시 미의 증대, 기온저감 효과 등을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

수목공간은 중로 및 소로를 제외한 모든 도로에 적용이 되어 있었으나 단순 조경공간으로 심미적인 아름다움만 강조되었을 뿐 환경영향을 최소화하는 공간이라는 의미는 전혀 개입되지 않았다. 본 연구에서는 도로변의 조경공간을 심미적인 기능뿐만 아니라 우수유출의 저감을 통한 치수공간, 도시내 물순환 체계 개선 및 친환경적인 공간으로 활용할 수 있는 가로수목공간 조성기술을 개발하였다.

개발된 시설은 수목공간에서의 토양치환기능을 대폭 강화하여 저류 및 침투공간을 최대한 늘려 우수저감효과를 극대화하고자 하였다. 또한 월류부를 기존의 배수관과 연결하여 본 시설의 저류 및 배수 용량을 초과하는 우수를 신속하게 배수하여 집중호우시 침수를 예방하고자 하였다. 식생과 더불어 우드칩, 자갈 등을 이용하여 침전, 여과, 흡착, 식생에 의한 uptake, 미생물의 영향 등의 기작으로 강우유출수 내 오염물질을 효과적으로 저감하도록 하였다. 또한 식생에 의한 심미적인 효과와 물 순환으로 인한 온도저감으로 도시 열섬현상의 완화도 기대할 수 있다.

개발된 시설은 기존 도시부 도로나 신도시 도로 등에 다양하게 적용이 가능하며, 작은 규모로도 설치할 수 있어 광로, 대로, 중로, 소로 및 보행도로의 구분없이 설치가 가능하다. 도시의 도로 및 자투리 공간에 본 연구에서 개발된 가로수목공간 조성기술을 적용하여, 녹색도시의 구현이 가능할 것으로 판단된다.

References

[1] Yoon, Y.N., "Hydrology foundation and application", Cheongmoongak, 2009.

[2] Park, M.J., Kwon, H.J., Kim, S.J., "Analysis of Impacts of Land Cover Change on Runoff Using HSPF Model", Journal of Korea Water Resources Association, Vol. 38, No. 6, pp. 495-504, 2005.

[3] Dow, C.L., Dewalle, D.R., "Trends in evaporation and bowen ration on urbanizing watersheds in Eastern United States", Water Resources Research, Vol. 36, No. 7, pp. 1835-1843, 2000.

[4] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, "National water plan : water control plan", 2001.

[5] Miltner, R.J., White, D., Yoder, C., "The biotic integrity of streams in urban and suburbanizing landscapes", Landscape Urban Planning, Vol. 69, No. 1, pp. 87-100, 2004.

[6] Wang, L., Lyons, J., Kanehl, P., "Impacts of urbanization of stream habitat and fish across multiple spatial scales", Environmental Management, Vol. 28, No. 2, pp. 255-266, 2001.

[7] Lee, C.S., Ryu, N.H., Han, S.H., "The effect of previous pavement of reducing the surface runoff", Journal of Korean Environmental Research and Restoration Technology. Vol. 11, No. 6, pp. 26-37, 2008.

[8] Lee, S.H., Lee, K.E., Han, M.Y., "Effect of the rectangular infiltration facility", Annual Conference of Korean Society of Water and Wastewater and Korean Society on Water Quality on 2006, pp. B152-158, 2006.

[9] Han, M.Y. Kim, J.K., Park, S.C., "The effect of greening roof on the quantity and quality of rainfall runoff", Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 19, No. 11, pp. 279-285, 2003.

[10] Yi, J.E, Yeo, W.G., Shim, J.H., Kang, T.H., "Analysis of stormwater runoff reduction effects by using porous pavement", Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol. 21, No. 6B, pp. 645-654, 2001.

[11] Jang, S.H., Lee, J.H., Yoo, C.S., Han, S.H., Kim, S.D., "Optimal location of best management practices for storm water runoff reduction", Journal of Korean Society on Water Quality, Vol. 24, No. 2, pp. 180-184, 2008.

[12] Im, J.H., Song, J.W., Park, Y.J., "An experimental study on improvement of the effect for runoff reducing facilities using infiltration", Journal of Korean Geo-environmental Society, Vol. 10, No. 4, pp. 5-13,

2009.

[13] Im, J.H., Song, J.W., Park, S.S., Park, H.S., "An experimental study on infiltration characteristics of facilities for reducing runoff considering surface materials according to housing lot developments", Journal of Korean Geo-environmental Society, Vol. 8, No. 5, pp. 47-55, 2007.

[14] Lee, S.H., Cho, H.H., Lee, J.M., Park, J.H., "Experimental study of runoff induced by infiltration trench", Journal of Korean Society on Water Quality, Vol. 24, No. 1, pp. 107-117, 2008.

[15] Huber, W., Dickinson, R.E., "Storm Water Management Model, Version 4: User's Manual." U.S. EPA, Athens, Georgia. EPA/600/3e88/001a, 1988.

주진걸(Jin-Gul Joo)

[정회원]



- 2005년 8월 : 고려대학교 토목환경시스템공학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 고려대학교 토목환경시스템공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 공과대학 방재과학기술연구소 연구교수

<관심분야>
수공학, 비점오염원

조혜진(Hye-Jin Cho)

[정회원]



- 1995년 2월 : 서울대학교 환경대학원 (도시계획학 석사)
- 1998년 10월 : 영국 University of Leeds (공학박사)
- 2000년 1월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 도로연구실 연구위원

<관심분야>
도로 및 교통공학, 도로환경

이 유 화(Yu-Hwa Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 서울시립대학교 대학원 도시공학과 (공학석사)
- 2007년 5월 : 미국 University of Arizona (공학박사)
- 2006년 4월 ~ 2007년 9월 : 미국 Pima Association of Governments Transportation Modeler
- 2008년 6월 ~ 2010년 6월 : 서울시정개발연구원 초빙부연구위원
- 2010년 6월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

교통경제, 교통환경

김 이 형(Lee-Hyung Kim)

[정회원]



- 1996년 8월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2002년 12월 : 미국 UCLA (공학박사)
- 2002년 3월 ~ 현재 : 국립공주대학교 교수

<관심분야>

수질관리, 비점오염원