Journal of Wetlands Research
Vol. 20, No. 4, November 2018, pp. 383-389

ISSN 1229-6031 (Print) / ISSN 2384-0056 (Online)
DOI https://doi.org/10.17663/JWR.2018.20.4.383

식생형 LID 시설에서 면적 기반의 적정 용량 설계 방법 연구

박서원·길경익†

서울과학기술대학교 건설시스템공학과

Analysis of area-based optimal capacity design method in vegetation type LID

Seowon Park·Kyungik Gil†

Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology

(Received : 14 March 2017, Revised: 14 November 2018, Accepted: 14 November 2018)

요 약

최근 비점오염 물질로 인한 수계 오염이 보고되고 있으며, 이러한 비점오염 물질에 의한 수계 오염을 방지하기 위한 연구가 활발히 수행되고 있다. 본 연구에서는 LID 시설의 적정 용량 설계 여부를 평가하기 위해 식생형 LID 시설의 모니터링 결과를 분석에서 얻은 SA/CA 그래프에 용인시의 누적강우량 80%에 해당하는 강우를 적용시켜 보았다. 분석 결과, 누적강우량 80%에 해당하는 강우의 유량저감 효율 80%를 달성하기 위한 SA/CA 비율은 0.6%, TSS 제거효율 80%를 달성하기 위한 SA/CA 비율은 0.5%로 나타났다. 본 연구에서 제시한 식생형 LID 시설의 적정 SA/CA 비율은 향후 식생형 LID 시설 설계의 기초자료로 활용될 수 있으며, 지속적인 연구를 통해 더 많은 식생형 LID 시설의 데이터를 추가한다면 신뢰도를 높일 수 있을 것이다.

핵심용어 : 비점오염, 수계 오염, LID(Low Impact Development), 설계, 적정성 평가

Abstract

Recently, it has been reported that water pollution due to non-point pollutants continues. Studies have been actively carried out to prevent such non-point pollutants from flowing into the water system and to prevent water pollution. In this study, to evaluate the adequate design of the LID facilities the rainfall corresponding to 80% of the cumulative rainfall of Yongin city was applied to an SA / CA graph obtained from the analysis of monitoring results of the vegetation type LID facility. As a result, the appropriate SA/CA ratio was 0.6% for stormwater sustain efficiency 80% and the appropriate SA/CA ratio was 0.5% for TSS removal efficiency 80%. The appropriate SA/CA ratio of the vegetation type LID proposed in this study can be used as a basis. for the future vegetation type LID design. If more data of vegetation type LID are added through continuous research, it will be more accurate.

Key words : non-point pollution, water system pollution, LID(Low Impact Development), design, appropriateness evaluation

1. 서 론

비점오염 물질에 의한 수계 오염이 심각해지고 있으며, 정부는 수질환경개선을 위한 법률을 제정하거나 관련 연구를 주관하는 등 많은 노력을 기울이고 있다. 또한 비점오염원을 관리하기 위해 LID(Low impact development) 시설에 대한 매뉴얼을 개편하고 비점오염원 설치 신고제 등 관련 법률을 제정하고 있다(환경부, 2016). 하지만 정부의 지속적인 노력에도 불구하고 비점오염 물질에 의한 수계 오염문제는 여전히 해결되지 못하고 있는 상황이다.

최근에도 비점오염 물질의 수계 유입을 저감시키기 위한 LID 시설 설계 방안에 대한 연구는 활발히 진행 중이며, 유지관리, 효율 산정 모니터링 그리고 효율 산정 방안 등에 대한 부가적인 연구도 수행되고 있다(Kim, Lee and Kwon 2005). 일반적으로 비점오염 물질은 강우 시 강우 유출수와 함께 거동하며, 수계로 유입을 완벽하게 예방하는 것은 불가능하다. 따라서 강우로 인한 비점오염 물질의 수계 유입을 최대한 억제할 수 있는 LID와 같은 빗물유출 제어 기술 도입에 대한 필요성이 강조되고 있다. 일반적으로 수계에 대한 오염물질의 관리는 사전 예방과 사후 관리로 구분할 수 있다. 사후 관리는 수계가 오염된 이 후 수계를 오염 이전 상태로 되돌리는 것으로 많은 비용과 시간을 필요로 한다. 따라서, 사전 예방적인 측면에서 강우 유출수가 수계로 들어가기 전에 처리하는 방안

† To whom correspondence should be addressed.
Department of Civil Engineering, Seoul National University of Science and Technology
E-mail: kgil@seoultech.ac.kr

이 합리적이며 효율적인 방법이다.

LID 시설의 목적은 토양 및 식생과 같은 자연을 이용하여 강우유출수를 관리하는 것이다. 즉, 도시 지역에서 자연 상태와 유사한 물순환 시스템을 구축하고자 하는 것이다. 이를 위해서는 LID 시설 설계를 위한 최적 설계 방안이 필요하다. 하지만, 현재 LID 시설 설계 기준에 대해 많은 연구진들이 보완, 개정 및 추가 사항을 연구하고 있는 상황이다(Kim., 2016). 제시되고 있는 보완사항 중 대표적인 항목이 LID 시설 설계 설계의 적정성 평가이다. 현재 비점오염 저감시설 설계 매뉴얼에서는 용량 산정 기준 및 이를 바탕으로 각 시설 별 설계 방안 등이 제시되고 있다. 하지만, LID 전문가들은 LID 시설의 설계 적정성 평가 방안의 필요성을 언급하고 있다(Choi et al., 2016). LID 설계 시 시설을 과소설계 할 경우 목표 저감량을 처리하지 못 할 가능성이 높으며, 과대설계 할 경우에는 비용적인 측면에서 문제가 발생한다. LID 설계 시 유역 면적, 유역의 토지 이용 상태, 원지반 및 하부 토양의 투수속도, 하부토양 종류, 시설 면적, 시설 폭 및 길이 등 여러인자들이 고려되어야 한다. 이와 같은 인자 중 LID 시설 설계 적정성 평가를 위해 최근 연구되고 있는 인자는 시설 면적 / 유역 면적(Surface Area / Catchment Area, SA/CA)을 이용한 설계 적정성 평가이다. 선행 연구 결과에 의하면 적정 LID의 SA/CA는 1 ~ 5%정도로 보고되고 있다(Yu et al., 2015). 하지만 이와 같은 적정 범위는 미국의 연구 결과를 바탕으로 도출된 범위일 뿐 국내의 결과를 반영하지 못한 문제점이 있다. 또한 LID 시설도 개별 시설 간의 특성이 다르기에 이에 대한 영향도 고려되어야 할 것으로 보인다.

본 연구에서는 LID 시설 중 식생이 적용된 시설에서 현장 모니터링을 실시하여 시설의 유량 및 TSS 제거효율을 분석하였다. 또한 도출한 SA/CA graph를 활용하여 기존에 설치된 식생형 LID 시설의 설계 적정성을 평가하고자 한다.

2. Materials and methods

2.1 Monitoring site

연구 대상 시설은 식생수로, 식생여과대, 나무여과상자로 모두 식생이 적용된 LID 시설이다. Fig. 1. (a) 식생수로는 용인시 삼계리에 설치된 시설로, 45번 국도와 경안천 사이에 위치한 부지에 설치되어 있고, Fig. 1. (b) 식생여과대는 용인시 해곡동의 동부로에 위치하고 있다. 또한 Fig. 1. (c) 나무여과상자는 용인시 매탄동의 주거지 근교에 위치하고 있으며, 각 시설의 해당 시설에 대한 세부 제원은 아래 Table 1에서 정리하였다.

2.2 EMC

유량자료와 오염물질 지표를 이용하는 유량가중평균농도(Event mean concentration, EMC)는 비점오염 물질의 유입, 유출을 나타내는 가장 적합한 지표로 알려져 있으며 널리 사용하고 있다. EMC는 강우 지속시간 동안 유출된 총 오염물질의 양을 총 강우 유출량으로 나누어 계산하는 방법으로 계산하는 식은 아래와 같다. Q(t)는 구간별 유량(m^3), C(t)는 구간별 오염물질 농도(mg/L), T는 총 강우시간이다.

$$EMC\,(mg/L) = \frac{\sum_{t=1}^{T} Q(t)\,C(t)}{\sum_{t=1}^{T} Q(t)}$$

2.3 Surface area and catchment area

SA/CA 분석의 기본 개념은 LID 시설에서 시설 면적과 집수 면적은 LID 시설의 비점오염 물질 저감 효율에 영향을 미

(a) Grassed swale (b) Vegetative filter strip (c) Treebox filter

Fig. 1. Location information of monitoring area

Table 1. Specification of LID facilities in Yongin city

Type	Facility name	Surface area(m^2)	Catchment area(m^2)	Surface area/Catchment area(%)
Vegetation	Grassed swale	40.8	7,700	0.5
	Vegetative filter strip	84.0	25,400	0.3
	Treebox filter	0.69	76.5	0.9

친다는 것으로 SA/CA에 따라 저감 효율이 변화한다는 것이다. 본 연구에서 사용한 SA/CA 분석 그래프는 x축에는 SA/CA을 y축은 LID 시설의 효율을 적용하였다 Fig. 2.는 본 연구에서 사용한 SA/CA 분석의 예시 그래프를 나타내었다. 이 후 각 시설의 SA/CA와 모니터링 결과를 바탕으로한 평균 저감 효율을 그래프 상에 표시하고, 이를 바탕으로 선형회귀분석을 실시하여 SA/CA에 따른 저감 효율의 경향을 분석하였다

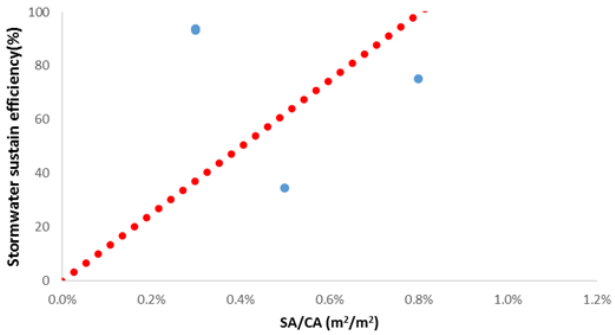


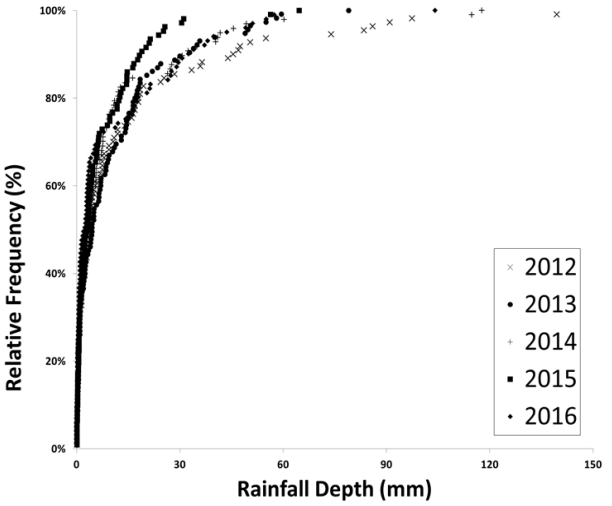
Fig. 2. Example of SA/CA graph

3. Results and discussion

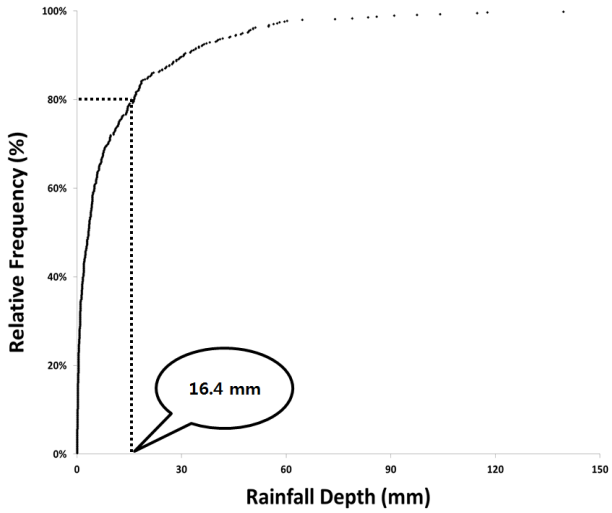
3.1 Rainfall characteristics

Fig. 3. (a)는 연구 대상 시설이 위치한 경기도 용인시의 2012년~2016년의 각 년도 별 누적확률강우그래프를 정리하였다. 분석 기간 중 최대강우량은 2012년에 발생한 276.5 mm, 강우 일수는 530일 그리고 일평균 강우량은 10.9 mm로 나타났다. Fig. 3. (b)는 2012 ~ 2016년 발생한 강우를 종합하여 누적확률강우그래프를 보여주고 있다. 2016년 환경부에서 발간한 '비점오염 저감시설 설치 및 운영매뉴얼'에서 LID 시설 설계 시 LID 시설이 설치될 지역에서 발생하는 누적확률강우그래프의 80%에 해당하는 강우를 처리할 수 있도록 설계 해야 한다는 내용이 포함되어 있다. 이를 근거로 용인시의 누적확률강우그래프의 연강우량 80%에 대항하는 강우량 16.4mm로 나타났다.

Table 2에 경기도 용인시의 2012년부터 2016년까지의 강우분석 결과를 정리하였다. 2012년 연강우량이 1748.3 mm로 기록되었고, 매년 조금씩 연강우량이 감소하는 경향을 보였으며, 2015년에는 연강우량 751.1 mm 로 2012년의 42.3% 수준에 불과했다. Table 3. 에는 그래프 Fig. 3의 (b)에 해당하는 2012 ~ 2016년 강우의 누적확률강우 60 ~ 90 %에 해당하는 강우량을 정리하였다.



(a) Each year



(b) 2012~2016year

Fig. 3. Cumulative rainfall curve in Yong-In city

Table 2. Characteristic of rainfall depth in each year

Year	Rainfall depth(mm)				Standard deviation
	A mount of Rainfall	Max	Mean	Median	
2012	1748.3	276.5	15.9	4.0	34.4
2013	1240.1	79.0	10.8	4.5	15.1
2014	1029.1	117.7	10.6	3.6	19.8
2015	751.1	64.7	7.0	3.1	10.4
2016	1023.4	104.2	10.1	2.5	17.0
Total	5792.0 (1158.4 per year)	276.5	10.9	3.3	21.3

Table 3. Cumulative rainfall depth information

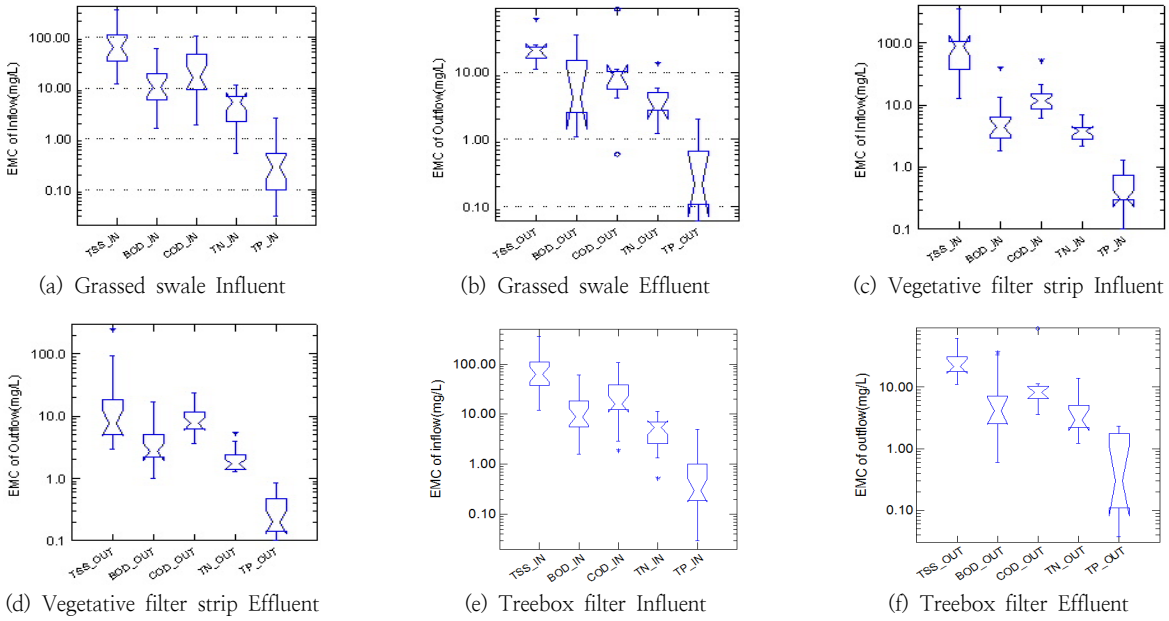
Accumulated rainfall depth percentage(%)	Rainfall depth (mm)
60	5.0
70	9.0
80	16.4
85	20.0
90	30.7

3.2 EMC

LID시설 중 식생수로, 식생여과대에 대한 모니터링은 총 21회 수행되었으며, 나무여과상자는 총 8회에 강우 모니터링을 실시하였다. Fig. 4는 모니터링을 통해 확보한 연구대상 LID 시설의 유입 및 유출 EMC 분석 결과를 정리하였다. Fig. 4. (a)와 (b)에서 식생수로의 중앙값 기준 유입 TSS EMC는 181.1 mg/L 그리고 유출 TSS EMC는 36.6 mg/L로 나타났으며 이를 제거 효율로 계산하면 79.9%로 약 80%의 효율을 보인 것으로 나타났다. Fig. 4. (c)와 (d)는 식생여과대 유입 및 유출 EMC이며, 유입 TSS EMC 중앙값은 181.8 mg/L 그리고 유출 TSS EMC 중앙값은 125.3 mg/L로 제거효율은 31.1%를 보였다. 마지막, Fig. 4. (e)와 (f)에서 나무여과상자의 경우 유입 및 유출 EMC는 각 각 91.1 mg/L와 26.9 mg/L이며, 제거효율은 70.5%를 보였다. 전반적으로 식생여과대의 TSS 제거효율이 낮은 것으로 조사되었으며, 이를 정리하면 Table 4와 같다.

3.3 Result of SA/CA

Fig. 5는 SA/CA에 따른 식생형 LID 시설의 저감 효과를 나타내었으며, 모니터링 결과 2012 ~ 2016년 용인시 누가확률강우 60%, 80 ~ 85% 그리고 90%에 해당하는 강우량 5 mm, 20 mm 그리고 30 mm 강우를 그룹화 하였으며, 강우량 그룹 별 식생형 시설에서 SA/CA에 따라 저감 효율의 변화를 분석하였다. Fig. 5 (a)를 통한 유량 저감 효율은 SA/CA가 증가할수록 효율이 증가하는 경향을 보였다. 시설 면적과 집수 면적의 비율이 동일할 때 강우량의 변화에 따라 유량저감 효율이 달라지는 것을 확인할 수 있으며, 강우량 5 mm와 30 mm인 경우를 비교 할 경우 약 20 ~ 40%의 유량저감 효율 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이를 실제 LID 설계에 반영할 경우 유량 저감효율 60%을 확보하기 위해서는 5 mm 강우에 대해서 시설 면적과 집수 면적 비율이 약 0.4%인 것에 비해 30 mm 강우에 대해서는 시설 면적과 집수 면적 비율 0.7%이 적정한 것으로 나타났다. Fig. 5. (b)는 SA/CA에 따른 TSS 제거효율에 대한 그래프이다. 유량 저감효율과 동일하게 시설 면적과 집수 면적의 비율이 증가할 때 TSS 제거효율이



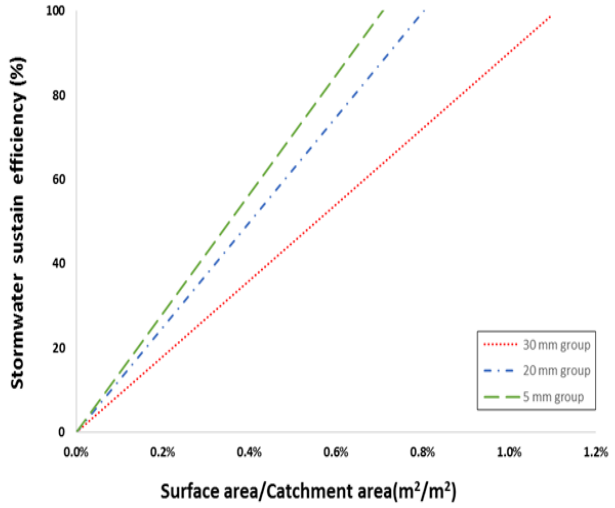
(a) Grassed swale Influent (b) Grassed swale Effluent (c) Vegetative filter strip Influent

(d) Vegetative filter strip Effluent (e) Treebox filter Influent (f) Treebox filter Effluent

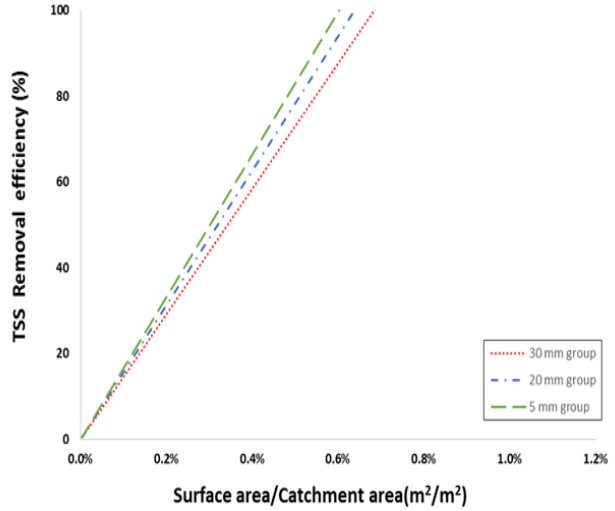
Fig. 4. Analysis of EMC of LID facilities

Table 4. TSS removal efficiency(EMC base)

Facility	SA/CA ratio(%)	TSS removal efficiency(%) (EMC base)		
		Range	Median	Mean
Grassed swale	0.5	68.2~84.5	71.4	79.9
Vegetative filter strip	0.3	24.7~61.1	42.5	31.1
Treebox filter	0.9	59.1~89.2	74.9	70.5

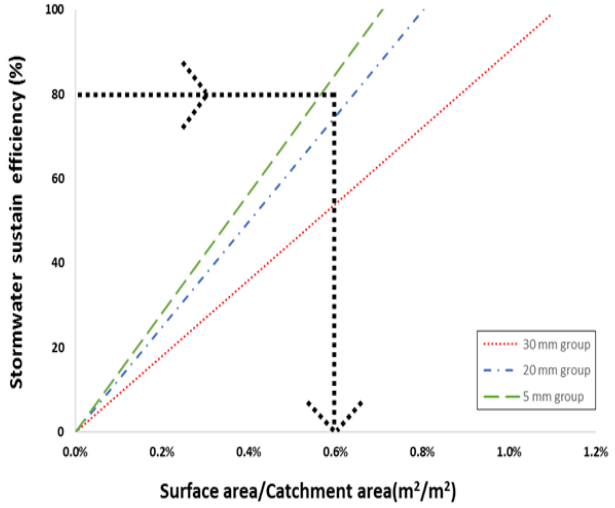


(a) Stormwater sustain efficiency

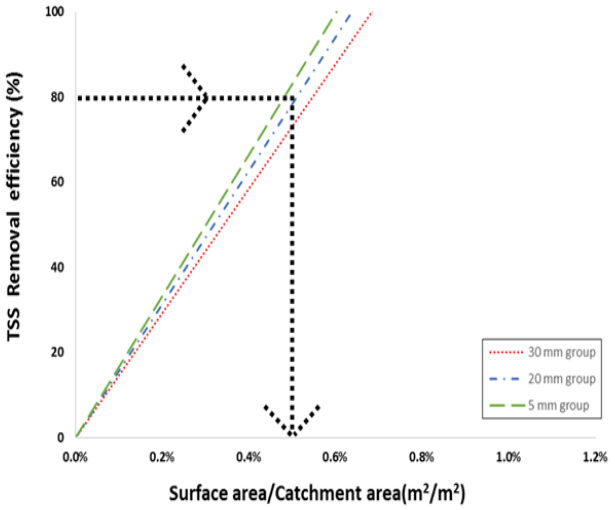


(b) TSS removal efficiency

Fig. 5. Surface area/Catchment area ratio curve each condition



(a) Stormwater sustain efficiency



(b) TSS removal efficiency

Fig. 6. Surface area/Catchment area ratio curve at efficiency 80%

증가하는 것으로 나타났다. 단, TSS 제거효율의 경우 강우량에 대한 차이가 크게 나타나지 않았는데 이를 통해 TSS 제거효율에는 유량 저감효율과 비교하여 상대적으로 강우량의 차이가 적은 것으로 나타났다.

3.4 Adequacy of LID facility design

본 연구의 대상 LID지역에 앞서 산정한 용인시의 최근 5년간의 누적강우량 80% 수준에 해당하는 16.4mm의 강우량을 적용시켜 설계적정성을 평가하였다. Fig. 6. (a)을 통하여 본 대상 LID 시설의 유량저감 80%를 기준으로 하여 설계 시 필요한 시설 면적에 대한 집수 면적의 비율을 산정한 결과를 나타냈다. 용인시의 누가확률강우 80%에 해당하는 강우량 16.4 mm는 그래프 상 5 mm와 20 mm 사이 값을 적용하였다. 목표 강우인 누가확률강우 80%에 와 강우량 16.4 mm를 대입하면 SA/CA가 약 0.6%로 산정되었다. 마찬가지로 Fig. 6. (b)는 TSS 제거 효율을 80%로 가정하고 강우량 16.4 mm로 그래프에서 값을 대입, 시설 면적의 적정 비율을 구한 결과, 약 0.5%로 유량 저감을 위한 결과와 유사한 비율을 나타내었다. 즉, 현장 모니터링 결과를 바탕으로 설계 적정성 평가 결과, 유량저감 효율 80%를 달성하기 위한 시설 면적의 적정 비율은 0.6%이며 TSS 제거 효율 80%를 이루기 위한 시설 면적의 적정 비율은 0.5%로 나타났음을 확인 할 수 있다. 식생수로의 경우, SA/CA 비율이 0.5%로 조사되었으며 이는 유량 저감효율 및 TSS 저감효율 목표를 80%로 가정했을 때 합리적인 설계가 이루어졌다고 판단된다. 단, 유량 저감효율 80%를 확보하기 위해 SA/CA를 0.6%로 할 경우 시설 면적이 46.2m^2가 필요함으로 기존의 시설면적이 40.8m^2(식생수로 길이 30m 기준)인 것을 고려하여 5.8m^2의 추가 시설 면적이 필요하다. 식생여과대의 경우, 유량 저감효율 80%를 확보하기 위해 산정한 적정 비율 0.6%로 필요한 시설 면적은 152.4m^2이지만, 기존 시설면적이 84.0m^2보다 약 70m^2의 추가 시설 면적이 요구된다. 식물여과 상자의 경우, 시설 면적 비율이 0.9%로 조사되었으며, 이는 시설의 과대 설계 가능성을 검토할 필요가 있으며, 유량 저감효율 80% 확보를 위한 시설 면적은 현재 시설 면적보다

약 33% 감소 된 0.46m^2 (기존 시설면적 0.69m^2)로도 가능할 것으로 판단된다.

4. Conclusion

모니터링 자료를 기반으로 식생형 LID 시설의 적정 설계 용량 산정 방법을 마련하기 위한 분석을 통해 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1) 기존에 설치된 시설에서의 모니터링 결과를 이용하여 시설 면적(Surface area)과 집수 면적(Catchment area)의 비율과 유량저감 효율 또는 TSS 제거효율을 분석하여 식생형 LID 시설 설계의 기초자료로 활용될 수 있는 SA/CA 그래프를 도출하였다.

2) 본 시설인 경기도 용인시에 설치된 LID 시설에서 얻은 모니터링 데이터를 기반으로 SA/CA의 비율을 이용해 유량저감 효율과 TSS의 제거효율을 분석한 결과, 식생형 LID 시설에서 유량저감 효율 80%를 달성하기 위한 적정 설계 비율은 0.6%, TSS 제거효율 80%를 달성하기 위한 적정 설계 비율은 0.5%로 산정되었다. 해당 분석 결과를 LID 시설에 적용하여 LID 시설의 설계 적정성을 판단한 결과, 식생수로의 SA/CA 비율은 0.5%, 식생여과대는 0.3%, 나무여과상자는 0.9%이며, TSS 제거효율은 식생수로 중앙값 기준 TSS 제거효율은 79.9%, 식생여과대는 31.1%, 나무여과상자는 70.5%로 분석되었다. 식생여과대의 경우 다소 부족한 SA/CA의 비율로 인해 TSS 제거효율이 낮은 것으로 판단된다.

3) 식생형 LID 시설에 대하여 SA/CA 그래프를 적용하여 적정 시설 면적을 제시할 수 있다. 과소 또는 과대설계된 것으로 추정되는 시설의 SA/CA의 비율을 확인하여 설계의 적정성을 판단할 수 있다. 따라서 SA/CA 그래프를 이용하여 식생형 LID 시설의 효율개선방안을 제시할 수 있으며, 차후 다수의 시설에 대한 자료를 추가하여 그래프의 보다 높은 정밀도 및 신뢰성을 확보할 시 추후 설치될 LID 시설 설계의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

Korea Ministry of Environment (2016) Installation, management and operation manual of nonpoint pollution abatement facility, Kyungpook National University, Daegu, Korea [Korean Literature]

TS. Kim (2016) The study on Environmental Impact Assessment for the improvement of facilities and reducing non-point pollution, Kyungpook National University, Daegu, Korea [Korean Literature]

GG. Yu, JY. Choi, JS. Hong, SY. Moon, LH. Kim (2015). Development and Evaluation of Bioretention Treating Stormwater Runoff from a Parking Lot. *Korean Wetlands society*, 17(3), pp. 221-227. [Korean Literature] [https://doi.org/10.17663/jwr.2015.17.3.221]

BG. Choe, OJ. Lee, YK. Park, TH. Im, SD Kim (2016) Quantifying uncertainty in Korean non-point sources pollution control facilities design practice, *J. Korean Soc. Hazard Mitig.* 16(5), pp. 359-367. [Korean Literature] [https://doi.org/10.9798/kosham.2016.16.5.359]

IH. Kim, BS. Lee, SY. Kwon (2005) Optimum Capacity of Retention Basin for Treating Nonpoint Pollutants and Its Removal Efficiency in Industrial Complex Areas, *Korean Wetlands society*, 7(3), pp. 75-85. [Korean Literature]

Bae. CY, Park. C, Kil. SH, Choi. IK, Lee. DK (2012) Analysis of Urban Runoff with LID Application - Focused on Green Roofs and Permeable Paver, *J. of Korea Planning Association*, 47(6), pp. 39-47. [Korean Literature]

Jeon. JC, Kwon. KH, Lee. SH, Lee. JW (2013) EMC and Unit Loads of Pollutants Generated from Tomato Cultivation during Rainfall, *J. of Korean Wetlands society*, 15(4), pp. 555-566. [https://doi.org/10.17663/jwr.2013.15.4.555]

Kang. MJ, Rhew. DH, Choi. JY (2014) Policies and Research Trends on Non-point Source Pollution Management in Korea, *J. of Environmental Policy and Administration*, 22(4), pp. 141-167. [Korean Literature] [https://doi.org/10.15301/jepa.2014.22.4.141]

Kim. LH, Oa. SO, Lee SH (2005) Characteristics of Washed-off Pollutants from Railway Station During Storms, *J. of the Korean Society for Railway*, 8(1), pp. 15-20. [Korean Literature]

Kim. TW, Gil. KI (2011) Comparison of estimation method of pollutant unit loads from bridge area, *J. of Korean Society on Water Quality*, 27(5), pp. 597-604. [Korean Literature]

Kwon. KH, Song. HJ (2015) Application of Percentile Rainfall Event for Analysis of Infiltration Facilities used by Prior Consultation for LID (Low Impact Development), *The International J. of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment*, 15(5), pp. 5-12 [https://doi.org/10.12813/kieae.2015.15.5.005]

Lee. JY, Maria C.M., Choi. JY, Lee. JW, Kim. LH (2009) Washoff Characteristics of NPS Pollutants from Artificial Grassland, *J. of Korean Wetlands society*, 11(3), pp. 145-151.

Paek. SB, Gil. KI (2013) Effects of Grassed Swale Lengths on Reduction Efficiencies of Non-point Source Pollutants, *J. of Wetlands Research*, 15(3), pp. 387-396. [Korean Literature] [https://doi.org/10.17663/jwr.2013.15.3.387]

Ryu. JH, Yoon. CG, Choi. JH, Rhee. HP, Hwang. YH, Yang HJ (2013) A Study on the Characterization of Land Use

in Urban Areas, according to Nonpoint Pollutant Source Runoff, *J. of Korean Society on Water Quality*, 29(3), pp. 309-316. [Korean Literature]

Seo. MJ, Fouad Jaber, Han. KH, Jung. KH, Zhang. YS, Cho. HR (2015) Modeling Low Impact Development (LID) for the Reduction of Non-Point Pollution at the Small-Scaled Watershed, *Korean Society Of Soil Sciences And Fertilizer*, pp. 42-50. [Korean Literature]

Shin. JW, Gil. KI (2010) Predictive Relationships of the Nonpoint Source Pollutant Loads with Stormwater runoff Volumes based on the Various Regression Analyses, *J. of Korean Society on Water Quality*, 27(30), pp. 257-263. [Korean Literature]

Won. CH, Shin. MH, Shin. HJ, Lim. KJ, Choi. JD (2013) Application of BMP for Reduction of Runoff and NPS Pollutions, *J. of the Korean Society of Agricultural Engineers*, 55(5), pp. 1-7. [Korean Literature] [https://doi.org/10.5389/ksae.2013.55.5.001]

Yi. SJ, Kim. YI (2014) Improvement on Management of Non-point Source Pollution for Reasonable Implementation of TMDL - Focusing on Selection of Non-point Source Pollution Management Region and Management of Non-point Source Pollutant, *J. of Korean Society of Environmental Engineers*, 36(10), pp. 719-723. [Korean Literature] [https://doi.org/10.4491/ksee.2014.36.10.719]

Yi. HS, Choi. KS, Chong. SN, Lee. SJ (2015) Assessment of Apprehensive Area of Non-Point Source Pollution Using Watershed Model Application in Juam Dam Watershed, *J. of Korean Society of Environmental Engineers*, 37(10), pp. 551-557. [Korean Literature] [https://doi.org/10.4491/ksee.2015.37.10.551]