

## 건설폐기물을 최소화한 비용 효율적 잔디 블록 기법 개발 및 평가

전민수·홍정선·전제찬\*·김이형<sup>†</sup>

공주대학교 건설환경공학과  
\*국립환경과학원 물환경연구부 유역총량과

## Development and Cost-effective Evaluation of Grass Blocks Minimizing Construction Waste

Minsu Jeon·Jungsun Hong·Jechan Jeon\*·Lee-Hyung Kim<sup>†</sup>

*Department of civil and Environmental Engineering, Kongju National University, Korea*

*\*Dept. of Watershed & Total Load Management Research, National Institute of Environmental Research, Korea*

(Received : 31 July 2017, Revised: 22 August 2017, Accepted: 22 August 2017)

### 요약

도로 및 주차장과 같은 불투수면은 건기시 중금속과 입자상 물질을 축적하여 강우시 하천 수질을 악화시키는 원인으로 작용하며, 도시의 물순환 체계를 왜곡시킨다. 이에 정부는 최근 인도와 주차장의 불투수면을 투수가 가능한 LID 시설 중 하나인 투수 및 잔디 블록으로 대체하는 정책을 추진 중에 있다. 그러나 불투수면을 투수 및 저류가 가능한 잔디 블록으로 대체할 때 발생하는 건설폐기물은 환경을 오염시킬 뿐만 아니라 공사비용을 증가시킨다. 따라서 본 연구는 건설폐기물을 최소화 할 수 있는 비용 효율적인 주차장 시공방법을 제안하기 위해 수행되었다. 본 연구는 Lab-scale 실험을 통해 기존의 시공방법과 본 연구에서 제안하는 방법에 대한 물순환 능력 및 경제성 등의 비교분석을 수행하였다. 본 연구에서 제안하는 시공방법은 기존 아스팔트 천공, 투수기층재 및 부설층 포설 및 다짐, 노상다짐, 블록 포설, 틈새재 포설 및 다짐의 순이며, Lab-scale 실험 결과 기존 방법과 제안 기법에서 표면유출량, 침투량, 저류량 및 강우유출 지체시간은 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다. 반면 폐기물 발생량 및 경제성 평가에서는 본 제안기법이 기존 시공법보다 약 86% 건설폐기물이 적게 발생하며, 이에 따른 비용이 약 70% 절감되는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제안하는 시공 방법이 기존 방법과 물순환 효과는 비슷하지만, 시공절차가 용이하고 경제성이 높은 것으로 평가되었다.

핵심용어 : 저영향개발, 투수포장, 물순환, 건설폐기물

### Abstract

Impermeable surfaces such as transportation land uses including roads and parking lots accumulate high heavy metals and particulate matters concentration especially during dry season which worsens the river water quality and distort the water circulation system during rainfall events. Recently, the government has been promoting policies to install Low Impact Development (LID) facilities such as permeable pavements or grass blocks in parking lots or pavements. However, transition of asphalt-paved surfaces to permeable pavement generated asphalt wastes which are detrimental to the environment and has cost implications due to its removal and disposal. Therefore this study was conducted to provide a method of constructing a cost-effective permeable pavement to reduce waste generation and cost. In this study, comparative analysis of the water circulation capacity and economic efficiency of the traditional construction method and new method proposed in this study through the lab-scale experiment. The proposed method was to make holes in existing asphalt pavements, layout geotextile fabric and permeable base media such as sand before compaction. After compaction, layout grass blocks on the compacted base media then layout sand in between each grass blocks before compaction. Apparently, there was no significant difference between the traditional installation method of permeable pavement and the proposed method in this study considering surface runoff, infiltrated volume, stored volume, and rainfall-runoff delay time. The proposed method in this study generated 86% less wastes compared to the traditional installation method and

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
Department of civil and Environmental Engineering, Kongju National University, Korea  
E-mail: leehyung@kongju.ac.kr

has 70% cost reduction considering asphalt removal and disposal. The construction method proposed in this study yielded similar performance compared to the traditional installation method and water circulation effect, but was proven to be less complicated and economical.

Key words : Low impact development (LID), permeable pavement, solid waste, water cycle

## 1. 서 론

빠른 경제성장과 도시화로 인한 자동차 이용의 증가는 주차장 면적 증가 및 확대의 원인이 되었으며, 이에 따라 불투수면 또한 증가되었다(최지연, 2016). 국내 불투수면 중 주차장에 해당하는 면적은 총 22 km<sup>2</sup>로 여의도 면적에 약 6배로 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 조사되었다(환경부, 2013). 도로 및 주차장과 같은 불투수면의 증가는 강우 시 홍수, 지하수 고갈, 도시 온도 상승 및 동식물 서식처 감소 등 수 많은 부작용을 야기한다. 또한 건기 시 다양한 중금속 및 입자상 물질 등 비점오염원을 다량으로 축적시킬 뿐만 아니라 강우시 발생하는 강우유출수에 의해 하천의 수질을 악화시키는 원인으로 작용한다(김이형 et al., 2004; 권정덕, 2008). 이에 다양한 부작용을 일으키는 불투수면을 환경 친화적인 투수층으로 대체할 필요가 있다. 한편, 최근 정부는 비점오염물질 및 강우유출수량을 저감하기 위해 4대강 비점오염원 관리 종합대책, 물환경관리기본계획 및 제2차 비점오염원 관리 종합대책 등과 같은 정책 과제를 추진하고 있으며, 이를 위한 기술로서 저영향개발(Low Impact Development, LID)과 그린빗물인프라(Green Stormwater Infrastructure, GSI) 기법을 도입하고 있다(환경부, 2004; 환경부, 2006; 환경부, 2012). LID와 GSI 기술은 각종 개발사업의 계획단계에서부터 운영 전반에 걸쳐 환경에 미치는 영향을 최소화하고 개발 이전의 수문특성과 최대한 유사하도록 하는 개발방식으로, 비점오염물질 저감, 건전한 물 순환 시스템 구축, 홍수방지, 수목 등의 식생보전과 회복 등의 기능을 가지며 더불어 도시경관개선, 녹지공간 확보 등의 효과를 갖기에 최근 미국, 독일, 영국, 일본 등과 같은 나라들을 중심으로 큰 관심을 받고 있는 기법이다(환경부, 2014). LID 및 GSI 기법의 대표적인 요소기술로는 침투시설, 식생형 시설, 저류시설, 인공습지 및 투수성 포장 등이 있으며 특히, 투수성 포장은 다공성 아스팔트나 콘크리트, 투수블록 및 잔디 블록에 강우유출수를 투수시킬 수 있는 공극을 확보하여, 강우유출수를 토양으로 침투시키는 기술이다(이소영, 2015). 이러한 투수성 포장은 최근 서울 및 경기도를 비롯한 전국의 수많은 지방자치단체에서 아스팔트 주차장을 친환경 잔디 블록 등의 투수성 포장으로 대체하고 있다. 도시교통본부(2009)에 따르면 일반적인 불투수 주차장을 투수성 주차장으로 변환 하는 방법으로는 기존아스팔트 천공 후 파쇄, 아스팔트 및 보조기층 제거, 노상다짐, 투수 기층재, 부설층 포설 및 다짐, 블록포설, 틈새재 포설 및 다짐 순으로 이루어진다. 그러나 이와 같은 대체 방법은 기존아스팔트 천공 후 파쇄, 아스팔트 및 보조기

층 제거 과정에서 발생하는 폐 아스팔트 및 콘크리트 등의 건설 폐기물이 발생함에 따라 폐기물 처리비용이 증가하며, 환경오염 또한 증가하게 된다. 따라서 폐기물의 발생량을 최소화하고, 비용 효율적으로 기존 아스팔트주차장을 투수성 주차장으로 조성하는 방법이 필요하다. 이에 본 연구에서는 기존 아스팔트 주차장을 잔디 블록 주차장으로 변환할 때 발생하는 건설폐기물을 최소화하고, 비용 효율적인 시공 방법을 제시하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상지역

주차장의 물순환 기능 향상을 위한 잔디 블록 주차장의 비용효율적인 시공 방법을 제안하고자 Fig. 1과 같이 충청남도 천안에 위치한 K 대학교내 주차장을 대상으로 연구를 수행하였다. 대상 주차장은 아스팔트로 이루어진 주차장으로 총 면적은 2,470 m<sup>2</sup>이며, 주차 수용능력은 86대이다. 주차장의 전체 면적 중 아스팔트 포장면적과 조경면적은 각 2,172 m<sup>2</sup> 및 298 m<sup>2</sup>으로 약 88%가 불투수면으로 조성되어 있다. 대상 주차장은 평소 주차되는 차량이 많아 건기 시 입자상물질 및 중금속 등과 같은 다량의 비점오염물질이 축적되고 있으며, 강우 발생 시 강우유출수는 비점오염물질과 함께 불투수면에 의해 우수관거로 빠르게 배제되는 것으로 조사되었다.

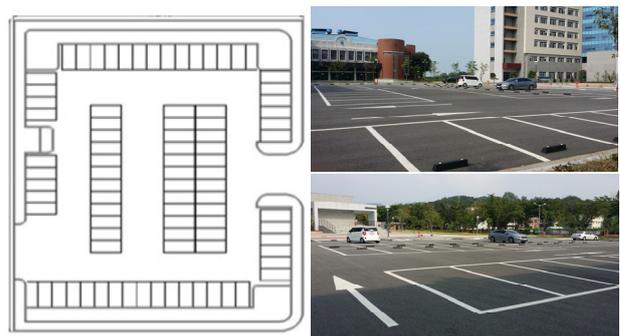


Fig. 1. Research area of a parking lot.

### 2.2 연구 내용 및 분석 방법

본 연구는 아스팔트와 같은 불투수층으로 이루어진 기존 주차장을 물순환 기능 향상이 가능한 잔디 블록으로 대체 시 비용 효율적인 시공 방법을 연구하기 위해 수행되었으며, Lab-Scale 실험은 3가지 경우에 대하여 모니터링을 실시하였다. Lab-Scale 실험은 연구 대상지역을 기반으로 제

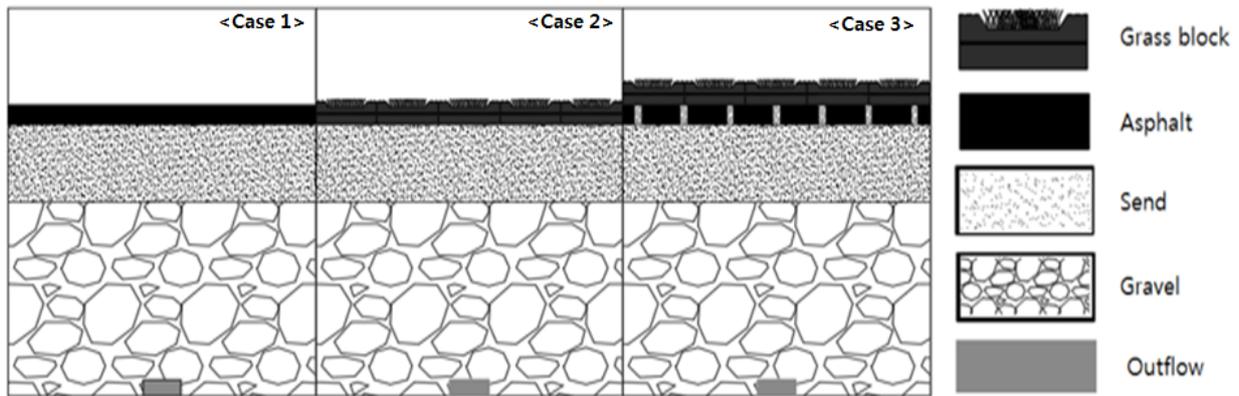


Fig. 2. Schematic diagram for cases of pavements.

작하였으며, Fig. 2의 개념도와 같이 가로와 세로가 50cm로 이루어진 모형을 제작하였다. 또한 물순환 평가를 위하여 모든 Case 하부에 유출부를 설치하였다. Case 1은 자갈 및 모래층 위에 아스팔트 층을 포설한 일반적인 아스팔트 주차장이며, Case 2의 경우 도시교통본부(2009)에서 제시한 방법으로, 원지반 위에 부설층 및 잔디 블록을 설치하였다. Case 3은 본 연구에서 제안하는 방법인 일반적인 하부지반에 자갈 및 모래층이 충전된 아스팔트 주차장에서 아스팔트 층을 천공하고, 상부층에 잔디 블록을 적용하였다. Case 3의 잔디 블록을 통과한 강우유출수는 아스팔트의 천공된 침투 구멍을 통해 지하로 침투되는 구조이다. 일반적으로 Case 2와 같은 기존 잔디 블록은 다양한 차량의 이용이 잦을 시, 하중에 의하여 잔디 블록이 파손되거나 침하 발생 우려가 있으나, Case 3은 기존 주차장의 아스팔트가 잔디 블록을 받쳐주는 지지대 역할을 함으로써 파손 및 침하 방지가 가능하다. 침투도랑, 레인가든 등의 LID 기법은 유역에서 발생하는 강우유출수가 유입되는 반면, 잔디 블록과 같은 투수성 포장은 강우 발생 시 빗물이 시설로 직접 유입됨을 고려하여 모니터링을 수행하였다. 유입수는 1시간 동안 0.018 mm/hr의 유량으로 총 4.5L를 주입하였으며, 유출수는 발생 후 매 15분 간격으로 측정하였다. Lab-Scale 실험 결과를 통하여 각 Case의 물순환 효과 평가를 비교 분석하였으며, 한국건설자원 협회 자료에 의하여 시공비용과 폐기물 발생량을 산정하여 경제성 평가를 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 포장 유형에 따른 유량저감 효과 분석

Lab-Scale 실험을 통하여 각 Case 별 유량 저감효과 및 침투율 등의 물순환 효과 평가를 수행하였다. 아스팔트 주차장인 Case 1의 경우 표층이 불투수면으로 이루어져 있어 유입수가 지반으로 침투하지 못하고 대부분 표면으로 유출되기 때문에 Case 2와 Case 3에 대하여 물순환 평가를 비교분석 하였다. 시간에 따른 Case 별 평균 침투율을 분석한 결과 Fig. 3과 같았으며, Case 2와 Case 3의 최대 침투율은

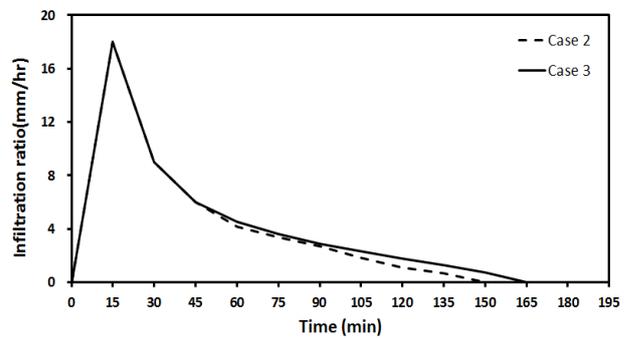


Fig. 3. Infiltration ratio curve with pavement types.

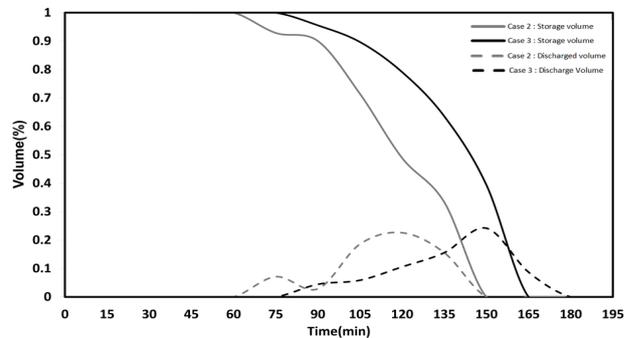


Fig. 4. Changes in discharged and storage volume with respect to time.

약 15 mm/hr로 유사한 것으로 나타났다. 평균 유출수 발생시간 또한 두 Case 모두 주입된 유입수가 잔디 블록을 통과한 후 약 70min 이후에 유출이 발생하였으며, 이는 잔디 블록을 통과하여 유입수가 하부로 침투되었음을 의미하고 있다(Fig. 4). 유출 발생시간의 경우 Case 3이 Case 2에 비하여 약 15min 지체되는 것으로 실 강우 발생 시 유출 지연에 효과적일 것으로 평가되었다. 평균 유출 및 저류량을 산정한 결과, Case 2와 Case 3 모두 약 80% 이상 저류가 가능 한 것으로 조사되었으며, 평균 침투유출량은 Case 2의 경우 600mL, Case 3의 경우 620mL로 유사한 것으로 나타났다. 평균 침투유출량 발생시간은 Case 2의 경우 120min, Case 3은 150min 으로 Case 3에서 Case 2에 비해 침투유출량 발생시간이 다소 지체되는 것으로 평가되었다.

즉, Case 3의 경우 기존 잔디 블록인 Case 2와 저류효율 및 침투유출량은 비슷하였으나, 침투유출 지연효과가 20% 높은 것으로 분석되었다. 이는 강우 지속시간동안 큰 강우량 발생 시 유출 및 침투유출량 발생 시간을 지체하여 도시홍수 예방 및 물순환 구축에 기여가 가능할 것으로 판단된다.

### 3.2 LID 기법별 비점오염물질 저감능력 비교 평가

기존 주차장에 투수성 포장 기법의 단일 적용은 물순환 효과는 뛰어나지만, 비점오염물질 처리 등의 환경적 효율에는 제한적이기 때문에 투수성 포장 기법에 식생형 및 침투형 등의 타 LID 기법과 융합 적용 할 경우 환경적 효율 증대가 기대된다. 이에, LID 기법 별 비점오염물질 저감능력 비교 평가를 위하여 문헌연구를 통해 도출된 각 LID 기법 별 비점오염물질 저감효율을 Eq. 1을 이용하여 비교분석하였다. 여기서, Surface area(SA)는 시설의 표면적을, Catchment area(CA)는 시설의 집수구역을 의미한다.

$$\text{Generalization storage area} = \text{SA/CA} \quad (\text{Ep.1})$$

투수포장(Permeable pavement), 식생체류지(Bioretention) 및 나무여과상자(Tree filter box)의 입자상물질, 유기물질, 영양물질 등의 비점오염물질 저감효율의 일반화 분석 결과 Fig. 5와 같다(김철민 et al., 2008, 고성훈, 2008; 권영남, 2014; Geronimo et al., 2013; 유기경 et al., 2015; 이정민 et al., 2013, 이장수, 2006). TSS의 경우 모든 시설에서 처리효율이 높은 것으로 나타났으며, BOD, TN 및 TP는 식생체류지 > 나무여과상자 > 투수포장 크기 순으로 분석되었다. 투수포장에서 다른 오염물질에 비해 특히 영양물질(TN, TP)의 처리효율이 낮은 것으로 조사되었다. 이는 투수포장의 경우 토양 여재에 의한 여과로 오염물질 저감에

제한적이지만, 식생이 식재된 식생체류지 및 나무여과상자의 경우 여재에 의한 물리적 기작(여과)과 미생물 및 식물 등의 흡수의 생물화학적 기작에 의한 영향으로 나타난 것으로 판단된다(홍정선, 2016). 따라서 주차장에 잔디 블록 조성 시, 인근 조정공간에 식생형 시설 등의 다양한 LID 기법과 융합하여 적용하면 비점오염물질 저감효율 증대뿐만 아니라 환경 친화적인 공간 제공이 가능 할 것으로 사료된다.

### 3.3 잔디 블록 대체 방법에 따른 비용 분석

블투수 주차장을 잔디 블록 주차장으로 대체할 경우 건설 폐기물 및 시공 비용을 최소화하기 위한 시공 방법을 제안하기 위해 2가지 Scenario를 가정하여 시공방법에 따른 비용 분석을 실시하였다. Scenario 1(Case 2)에 해당하는 시공 방법으로는 도시교통본부 (2009)에서 권장하는 (1)기존 아스팔트 파쇄, (2)아스팔트 및 보조기층 제거, (3)노상다짐, (4)투수 기층재, 부설층 포설 및 다짐, (5)블록, 틸새재 포설 및 다짐의 순서 등 5단계의 순서로 적용하였다. Scenario 2(Case 3)에서는 Scenario 1과 달리 (1), (2) 및 (3)을 제외한 (1)아스팔트 천공개수 산정 및 천공, (2)투수 기층재, 부설층 포설 및 다짐, (3)블록, 틸새재 포설 등 3단계의 시공순서로 적용하여 시공비용을 산정하였다(Table. 1). 시공비용 분석에서 아스팔트의 깊이는 한국도로공사 도로설계요령 (2005)에 따라 0.05m를 적용하였으며, 아스팔트의 단위 중량은 국토교통부의 건설표준품셈에 따라 2.35 t/m<sup>3</sup>를 적용하였으며, Eq.2를 적용하여 Scenario 별 아스팔트 발생량을 산정 하였다. 또한, 한국건설자원협회의 2016년 폐기물 처리단가에 근거하여 아스팔트 폐기물의 처리비용은 약 20,000원으로 산출 및 적용하였으며, 각 시설에 계산된 제원은 Table 1에 나타내었다. AH(Asphalt height)

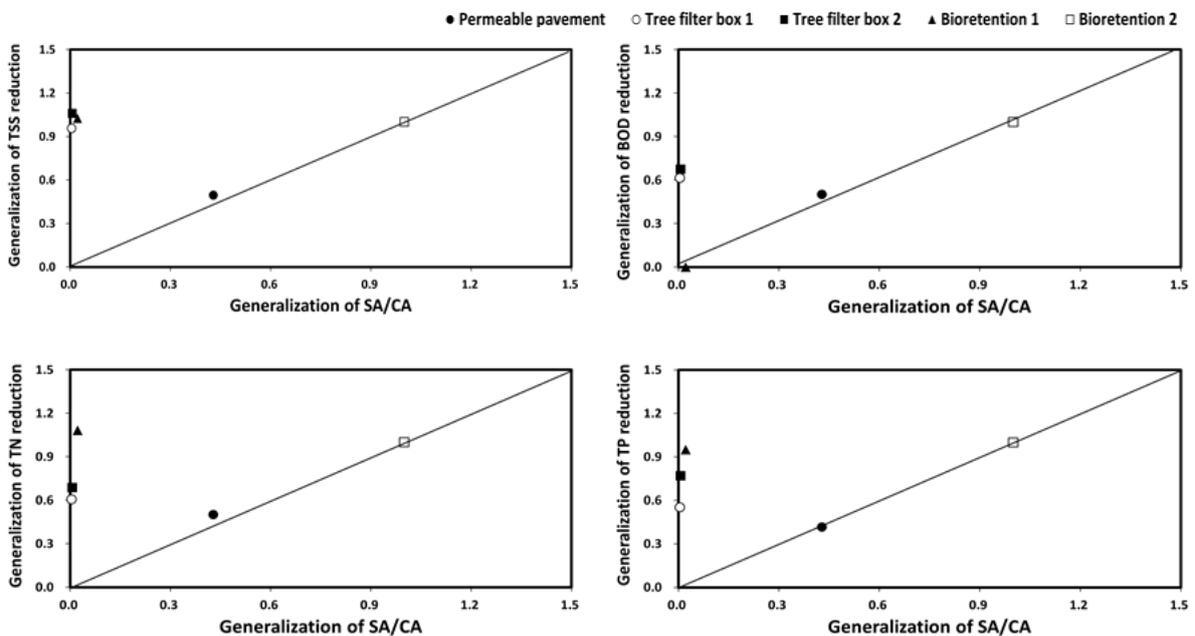


Fig. 5. Comparison of water and mass balance of an LID facility compared to permeable pavements.

는 아스팔트 두께(m)를, AW(Asphalt unit weight)는 아스팔트 단위중량(t/m<sup>3</sup>)을 의미한다.

$$\text{Asphalt waste volume production(ton)} = \text{Area} \times \text{AH} \times \text{AW} \quad (\text{Eq.2})$$

Scenario 1과 Scenario 2에서 주차장의 경관성과 물순환 효과를 높이기 위해 LID 기술요소인 나무여과상자와 식생체류지를 설치하는 것으로 계획하였으나, Scenario 1과 Scenario 2 모두 동일한 비용과 면적으로 적용되기에 비용 분석에 포함하지는 않았다. 잔디 블록 설치비용 또한 Scenario 1과 Scenario 2 모두에서 동일하게 적용되는 작업 과정에서 발생하는 비용이기에 본 연구에서는 고려하지 않았다. Scenario 2에서는 천안 지역의 연간 누적강우량 80%에 해당하는 18 mm의 강우량을 잔디 블록 주차장 내에서 모두 침투가 가능하도록 Eq.3을 이용하여 잔디 블록의 용량(44.46m<sup>3</sup>)을 산정하였으며, P1은 설계강우량(mm)을, A는 시설 면적(m<sup>2</sup>)을 의미하고 있다.

$$\text{WQv} = \text{P1} \times \text{A} \times 10^{-3} \quad (\text{Eq.3})$$

또한, 천공개수를 산정하기 위하여 각 시설들의 저류용량 산정이 필요하다. 각 시설의 저류용량은 Eq.4를 이용하여 산정하였으며, 각 제원들은 Table 1에 나타내었다. 저류용량 산정 결과, 잔디 블록은 4.5m<sup>3</sup>, 모래와 잔디의 저류 용량은 5.5m<sup>3</sup>로 산정하였다. 또한 나무여과상자 저류량은 5.6m<sup>3</sup>, 식생체류지 저류량은 23.0m<sup>3</sup>로 계상하였으며, 각 저류용량을 바탕으로 천공개수를 산정하였다(Eq.5). 대상지역의 강우유출수 전량 침투와 아스팔트포장 두께는 0.05m로 가정 하였으며, Eq.6에 의하여 917개의 천공 개수를 도출하였다.

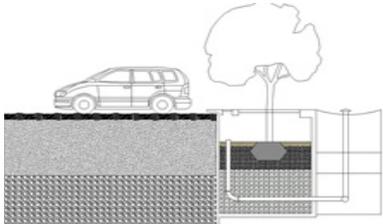
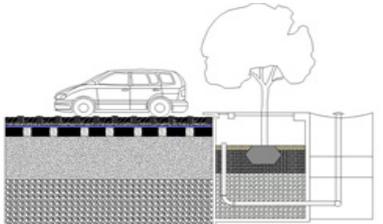
$$\text{FV} = \text{CA} \times \text{H} \times \text{MP} \quad (\text{Eq.4})$$

$$\text{P1} \times \text{A} = \text{GBV} + \text{SV} + \text{GV} + \text{TBFV} + \text{BV} + \text{HV} \quad (\text{Eq.5})$$

$$\text{HV} = \text{HA} \times \text{H} \times \text{N} \quad (\text{Eq.6})$$

여기서, FV(Facility storage volume, m<sup>3</sup>)는 시설의 저류용량, CA(Catchment area, m<sup>2</sup>)는 시설면적, H(Height, m)는 시설의 높이, MP(Media porosity)는 여재공극률, GBV(Grass block Volume, m<sup>3</sup>)은 잔디블록 저류용량, SV(Soil Volume, m<sup>3</sup>)는 모래 저류용량, GV(Grass Volume, m<sup>3</sup>)는 잔디 저류용량, TBFV(Tree Box Filter Volume, m<sup>3</sup>)은 나무여과상자 저류용량, BV(Bioretenion Volume, m<sup>3</sup>)은 식생체류지 저류용량, HV(Hole Volume, m<sup>3</sup>)은 천공된 저류용량을 나타내며, HA(Hole area, m<sup>2</sup>)는 천공면적, H(Height, m)는 아스팔트 두께, N는 천공개수를 의미하고 있다. 또한, Scenario 2에서 천공을 위한 작업기간은 하루 8시간씩 3일, 천공을 위한 기계 대여료는 시간당 40,000원 및 천공기계의 연료비용은 180,000원으로 가정하였다. 분석결과, Scenario 1에서는 폐기되는 아스팔트의 중량은 255ton이며, 처리비용은 4,450,000원으로 산정되었다. 또한, 폐 아스팔트의 운반비용은 1,760,000원으로 총 6,210,000원이 소요되는 것으로 분석되었다. 그러나 Scenario 2에서 발생하는 폐 아스팔트의 중량은 36ton에 불과하였으며, 폐 아스팔트 처리비용 630,000원, 운반비용은 5,300원으로 나타났다. 또한, 천공을 위해 소요되는 비용은 1,250,000원으로 나타나 총 1,885,300원이 필요한 것으로 분석되었다. Scenario 1과 Scenario 2를 종합적으로 비교분석 해보면, 폐기물 발생비용, 운반비용 모두 Scenario 2가 낮은 것으로 분석되었다. 다만, Scenario 2에서는 천공을 위한 비용이 추가적으로 포함되지만, 전체비용은 Scenario 1보다 70% 정도 저렴한 것으로 나타났다. 또한, 폐 아스팔트 발생량은 Scenario 2가 약 86% 적게 발생하는 것으로 분석되었다.

**Table 1.** Comparison of Construction Wastes Generation and Costs according different scenarios

	Scenario 1(1)	Scenario 2(2)
Descriptions of scenario	 <p>Application of LID facility capable of infiltration after removal of asphalt used in the construction of parking lot</p>	 <p>Application of LID facility capable of infiltration with drilled holes in the construction of an asphalt used parking lot</p>
Solid wastes (ton)	255	36
Total costs (1,000Won)	Total cost = Asphalt waste disposal cost (4,447)+ Asphalt waste transportation cost (1,763) = 6,210	Total cost = Asphalt waste disposal cost (628)+ Transportation cost(5)+Drilling cost(1,250)= 1,883

(1) Limiting factors for scenario 1: Area = 2,172m<sup>2</sup>, Depth = 0.05m

(2) Limiting factors for scenario 2: Area = 2,172m<sup>2</sup>, Depth = 0.5m, Number of holes = 917, Design Rainfall = 18mm, Porosity = 0.1 (Sand), 0.2(Gravel), 0.3(Gravel), Hole Diameter = 0.1m, Depth of hole = 0.05m Grass block Dimension = 100cm × 92cm, Porous Block Dimension = 200cm × 200cm, Tree box filter Dimension = 1m × 1m × 0.8m, Porosity of Tree box filter = 0.35, Bioretention Depth = 0.5m

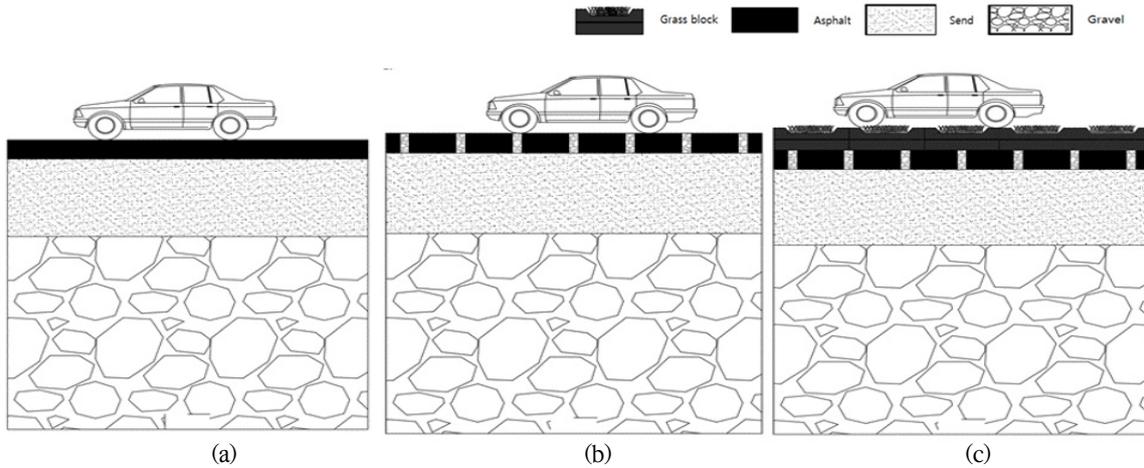


Fig. 6. Construction method of the impermeable area to permeable pavement.

(a) Determination of treatment capacity and number of holes. (b) Perforation and filter media compaction. (c) Stable sand layer and porous pavement construction

### 3.4 시공방법 제안

볼투수(아스팔트) 주차장을 잔디 블록으로 대체하는 시공 방법에 대해 도시교통본부(2009)에서 권장하는 방법과 본 연구에서 제안하는 방법에 대해 강우유출유량 저감과 비용에 대해 분석하였다. 본 연구에서 제안하는 볼투수 주차장을 잔디 블록으로 변환하는 시공 방법은 Fig 6과 같으며, (a)는 대상지역의 처리용량에 따른 기존 아스팔트 천공 개수 산정을 보여주고 있다. 또한, (b)는 천공 후 투수 기층재와 부설층 포설과 다짐을 의미하며, 마지막 단계인 (c)에서는 블록포설, 틈새재 포설 및 다짐을 나타내고 있다. 기존에 일반적으로 시공되던 방법에서 아스팔트 천공 및 파쇄, 아스팔트 및 보조기층 제거 단계를 거치지 않는 방법이다. 본 연구에서 제안하는 시공 방법을 적용한 결과 기존의 시공 방법보다 강우유출유량 저감에 효과적이었으며, 비용적인 측면에서도 경제성이 뛰어난 것으로 나타났다. 이 시공방법을 적용하기 위해서는 천공 개수 산정이 필요한데, 일반적으로 천공의 개수가 많을수록 더 많은 강우유출수를 저류할 수 있다. 하지만, 지나치게 많은 천공은 아스팔트가 잔디 블록의 지지대로서의 역할을 충분히 할 수 없기 때문에 고려해야 한다. 또한 천공된 구멍에 잔자갈, 모래 등의 작은 입자 여재를 충전 할 경우, 시설 내 막힘현상 방지 및 저류 공간 증대가 가능하다. 마지막으로 투수시트, 모래 안정 층을 포설하고 잔디 블록 블록을 시공한다. 투수시트는 모래 안정 층의 유출이나 유실이 되는 것을 방지하는 역할을 수행한다. 따라서 본 연구에서 제안하는 시공방법은 기존의 변환 방법보다 절차가 간단하여 시공에 용이하며 건설폐기물 또한 적게 발생하여 친환경적 및 비용 효율적으로 LID 시설로 변환할 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구는 볼투수 주차장을 잔디 블록으로 대체하는 시공 방법 중 건설폐기물을 최소화하고, 비용 효율적인 방법을

제안하기 위해 수행되었으며, 연구의 결론은 다음과 같다.

1) 주차장 별 물순환 효과를 평가하기 위하여 소규모 Lab Scale 실험을 한 결과 아스팔트로 이루어진 Case 1의 경우 표면유출이 바로 발생하여 저류량 및 침투율이 낮은 것으로 분석되었다. 잔디 블록을 설치한 Case 2와 아스팔트 천공 후 잔디 블록을 설치한 Case 3 두가지 모두 저류량 및 침투율이 비슷하였으나 Case 3의 경우 강우유출 발생시간 및 침투유량 발생 시간 모두 Case 2에 비해 각각 17%, 20% 지체 된 것으로 분석되었다.

2) 잔디 블록 등의 투수성 포장의 입자상 물질 저감효율은 토양(여재)의 여과기작에 의하여 다른 LID 기법과 유사하게 높은 것으로 평가되었다.

3) 도시교통본부가 권고하는 시공방법인 Scenario 1을 적용한 건설폐기물 양은 255ton이며, 이를 처리하는 비용과 운반 비용 등 총 비용이 6,210,000원으로 나타났다. 반면, Scenario 2에서는 36ton의 폐 아스팔트가 발생하는 것으로 분석되었으며, 총 소요 비용이 1,885,300원으로 분석되어 Scenario 2번이 Scenario 1보다 약 86%의 건설폐기물 발생량이 절감되었으며, 이를 처리하는 비용 또한 약 70%의 시공비용을 절감할 수 있는 것으로 분석되었다.

4) 본 연구에서 제안하는 시공 방법은 기존아스팔트 천공, 투수 기층재, 부설층 포설 및 다짐, 노상 다짐, 블록 포설, 틈새재 포설 및 다짐의 순이다. 이는 도시교통본부가 권고하는 시공방법에 비해 용이하며, 시공 시 건설 폐기물의 발생저감 효과로 인하여 환경적이고 비용 효율적으로 적용가능 할 것으로 평가되었다. 그러나, 본 연구 과제는 Pilot-Scale 실험 결과를 토대로한 2개의 시나리오에 대한 연구결과이기에, 향후 실제 규모(Test-bed) 적용을 통한 지속적인 모니터링 및 평가가 필요할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 환경부의 환경정책기반공공기술개발사업에서

지원받았습니다(과제번호: 2016000200002).

## References

- Choi, JY. Hong, JS. Kang, HM. (2016). *Characteristics of stormwater runoff from highways with unit traffic volume*, *J. of Wetlands Research*, 18(3), pp. 275–281, [Korean Literature]
- Geronimo, F. K. F., Maniquiz-Redillas, MC. and Kim, LH. (2013). *Treatment of parking lot runoff by a tree box filter*, *Desalination and Water Treatment*, 51, pp. 4044–4049. English
- Hong, JS. Kim, LH. (2016). *Assessment of Performances of Low Impact Development(LID) Facilities With Vegetation, Ecology and Resilient Infrastructure*, pp. 100–109, [Korean Literature]
- Kim, LH and Kang, JH. (2004). *Determination of Event Mean Concentrations and Pollutant Loading in Highway Storm Runoff*, *J. of Korea Society on Water Quality*, 20(6), pp. 631–641, [Korean Literature]
- Kim, CM. Lee, SY. Lee, EJ. Kim, LH. (2008). *Determination of Heavy Metal Unit Load from Transportation Landuses during a Storm*, *J. of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 6, pp. 155–160, [Korean Literature]
- Ko, SH. (2008). *Characterization of Stormwater Pollutants and Estimation of Unit Loads for Road and Parking Lot in Kyeongang Watershed*. Master's Thesis, Myongji University, [Korean Literature]
- Korea Expressway Corporaion. (2005). *Road Design tips*. [Korean Literature]
- Kwon, YN. (2014). *An analysis on the reduction effect of rainfall runoff from the grass block parking lot*. Master's Thesis, Kyungpook National University, [Korean Literature]
- Kwon, JD. (2008). *Study on the eco-pavement in Seoul City: The center of Seoul urbanized region (translated from Korean)*. Graduate School of Urban Science, Department of Environmental Policy, Seoul National University, Master's Thesis, [Korean Literature]
- Lee, SY. Choi, JY. Kim, LH. (2015) *Suggestion of Appropriate Design and Maintenance in a Constructed Wetland using Monitoring Results*, *J. of Wetlands Research*, 17(4), pp 428–435, [Korean Literature]
- Lee, JM. Lee, YS. Kim, YC, Kim, LH. (2013). *A Study on the Application and Effect Analysis Monitoring of LID Technique on New Town City (II) LID Practice facilities Effect Analysis Monitoring*, *J. of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 15(5), pp 1–10, [Korean Literature]
- Lee, JS. (2006). *A Study on the Bio-retention Optimizing Approach for the Treatment of First Rainfall runoff*. Master's Thesis Suwon University, [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2004). *Study of such emissions and construction waste separation occurs per unit calculation*, [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2004). *1st comprehensive measures for nonpoint source management*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2006). *Basic plan of nonpoint pollutant management*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2012). *2nd comprehensive measures for nonpoint source management*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2012). *Guide of nonpoint source pollution*. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (MOE). (2014). *Manual of installation and management of nonpoint pollutant treatment facility*. [Korean Literature]
- Seoul City Traffic Headquarters. (2009). *Sustainable Eco-pavement prepare reports based on Packaging* (translated from Korean). [Korean Literature]
- Yu, GG. Choi, JY. Hong, JS. Moon, SY. Kim, LH. (2015). *Development and Evaluation of Bioretention Treating Stormwater Runoff from a Parking Lot*, *J. of Wetlands Research*, 17(3), pp. 221–227. Korea [Korean Literature]