

도시에서 하이브리드 LID 침투관 설치에 따른 침투량 향상

Improvement of Infiltration by Applying Hybrid Low Impact Development (LID) Infiltration Pipes in an Urban Area

한경수^{1*} · 박용순²

¹에코그린, ²어스그린코리아(주)

Kyung Soo Han^{1*} and Yong Soon Park²

¹Eco Green, Seoul 07545, Korea

²Earth Green Korea Ltd, Incheon 22690, Korea

Received 31 May 2016, revised 10 June 2016, accepted 20 June 2016, published online 30 June 2016

ABSTRACT: The risk of flooding and groundwater depletion is increasing due to the increase of impervious area in an urban area that reduces the volume of infiltration and increases the outflow of rainwater. The objective of this study is to examine the impact of installation of roadside tree protectors with infiltration pipes in terms of the change of the infiltration rate. Through this study, it has been attested that roadside tree protectors with infiltration pipes increased the infiltration rate and decreased water level on the ground, and could be applied in an urban area as the low impact development (LID) facilities.

KEYWORDS: Infiltration pipe, Low impact development, Tree-lined protective plate

요 약: 도시화로 인해 불투수 면적이 증가하면서 지하 침투량이 감소하고 강우 유출량이 증가하여 도시 침수 발생 가능성이 커지고 지하수 고갈 문제를 발생시키고 있다. 본 연구에서는 가로수 주위에 수분 및 영양을 공급할 수 있는 신개념 특수 가로수 보호판의 설치가 도시 내 침투량 개선에 미치는 효과를 평가하고, 시설의 배치에 따른 침투량 변화를 조사하였다. 침투관이 설치된 신개념 가로수 보호판은 토양으로는 빗물 침투량을 증가시키고 지면 위 수위 상승을 억제하였다. 따라서 개발된 신개념 가로수 보호판은 도시 도로변에서 저영향개발 (LID) 시설로서 효과적으로 적용될 수 있을 것으로 판단되었다.

핵심어: 침투관, 저영향개발 (LID), 가로수보호판

1. 서 론

1970도시화로 인해 불투수 면적이 증가하면서 강우 유출량이 증가하였다. 유출량의 증가는 도시 침수 발생 가능성을 높이고, 지하로 침투되는 유량을 감소시켜 지하수 고갈 문제를 발생시켰다. 더불어 기후변화로 인한 집중호우와 계절라성 호우 빈도가 증가하면서 침수 피해가 반복되고 있는 상황이다. 유출량의 증가와 기후변화

로 인한 집중호우는 도시 침수 피해를 심화 시키는 결과를 낳았다 (Fig. 1).

실제로 침투 시설을 운영하여 침투 시설의 효과를 정량적으로 분석한 연구들이 수행되었으며, 투수성 포장의 효과를 수량 및 수질 측면에서 아스팔트 포장과 비교한 연구 결과들이 있다. Dreelin et al. (2006)의 연구 결과는 강우강도가 낮은 상태에서 수행되었지만, 투수성 포장이 최대 93%의 유출 저감 효과를 가진다고 밝혔다. 또한

*Corresponding author: egkorea2010@naver.com, ORCID 0000-0003-3518-8544

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

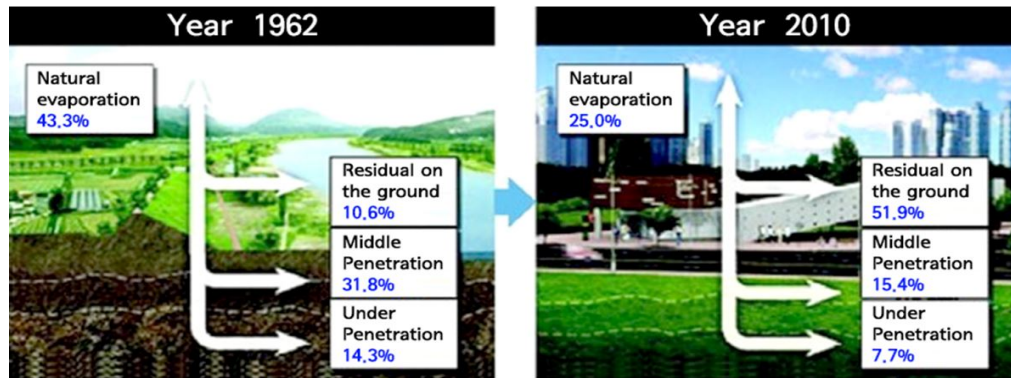


Fig. 1. Changes in rainwater circulation from 1962 to 2010.

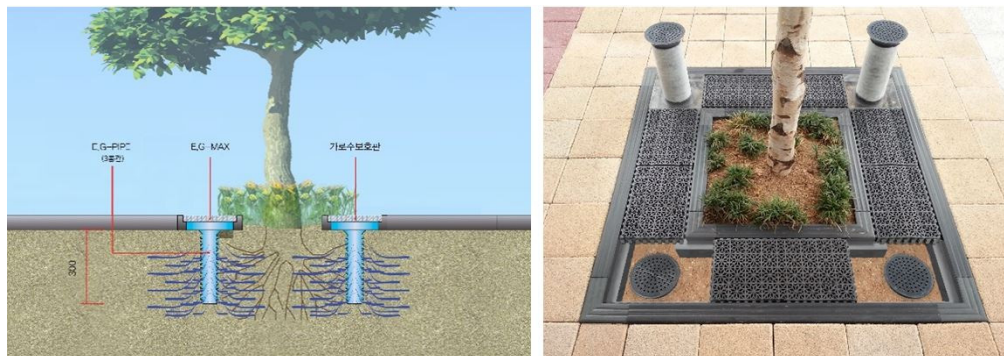


Fig. 2. Conceptual diagram of hybrid low impact development (LID) system developed by the authors (left) and photograph of its application (right).

질소를 제외한 칼슘, 아연, 실리콘, 인의 검출량이 아스팔트 포장에 비해 낮게 나타났다. 이를 통해 침투 시설의 하나인 투수성 포장은 초기 빗물의 지체효과와 수질 관리에 효과적임을 알 수 있다. 또한 투수성 포장을 6년 동안 운영한 Brattebo and Booth (2003)의 연구결과를 보면, 모든 기후 조건에서 만족할만한 결과를 얻은 것은 아니지만, 수량과 수질 모두에서 침투 시설의 효과가 뚜렷하게 나타났다.

한편 많은 연구자들이 침투 시설의 효과를 알아보기 위해 침투 시설의 모형과 토양 함수비 조건에 따른 침투율 산정 방법을 비교 연구하였다. 하지만 실제 시설의 규모와 조건 등의 제약 조건 때문에 침투시설의 정확한 침투율을 정하기는 어려우며 침투율을 결정하기 위해 다양한 조건을 제시하는 경우가 많다. 특히 Joo et al. (2012)은 침투 시설의 특성을 알아보기 위해 침투 시설 내의 수위 및 유입 유량을 통해 총 침투량과 침투율을 산정하였다. 단위 시간에 따른 침투량은 1) 침투량 (L), 2) 유입 유량 (L/min), 3) 총 유입 시간 (min), 4) 침투 시설의 단면적 (cm²), 5) 침투 시설 내 수위 변화 (cm/min)의 요소를 활용하여 산정할 수 있다. 이들 요소들을 통해 단

위 시간에 대한 침투량을 구한 후 누적 침투량을 산정할 수 있다. 또 누적 침투량에서 회귀식을 이용하여 누적 침투량의 시간에 따른 기울기를 침투율이라고 정의한다.

본 연구에서는 가로수 주위에 수분 및 영양을 공급할 수 있는 가로수 보호대의 설치가 도시 내 침투량 개선에 미치는 효과를 평가하고, 시설의 배치 및 크기에 따른 침투량 변화를 실험을 통해 확인하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 빗물침투시설 개황

본 연구에 적용한 신개념 특수 가로수 보호판 (이하 가로수 보호대)은 내부에 침투관을 설치하여 빗물이 하수 관로로 유출되지 않고 적극적으로 지하침투가 되도록 설계하였다 (Fig. 2). 이 침투시설 계획 시에 다음 사항을 고려하였다.

- 1) 설치대상지역에 대한 충분한 사전검토를 통하여, 침투시설의 설치가 가능한 지역을 대상으로 설치하여야 하며, 지반이 가지는 침투능력을 충분히 활용할

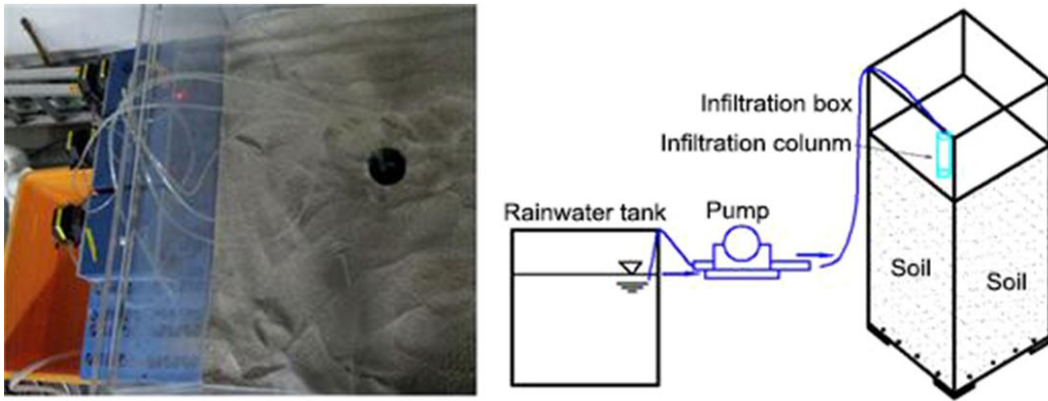


Fig. 3. Photograph and conceptual overview for the experiment equipments.

수 있는 시설의 구조, 시공법, 시설물에 대한 선정이 필요하다.

- 2) 장기적이고 안정적인 침투능 확보를 위하여, 쓰레기, 낙엽 등의 협잡물, 토사 등에 의한 침투능 저하를 억제하고 유지관리가 쉬운 시설로 선정해야 한다.
- 3) 시공비를 포함한 유지관리비가 적게 드는 침투시설을 선정하여야 한다.
- 4) 독립된 침투시설의 매설도 가능하지만 효율적인 침투능 확보와 경제성을 고려하여 건축물이나 저류지, 저류조 등과의 연계설치를 고려하여야 한다.
- 5) 지하로 침투되는 초기빗물의 오염물질에 대한 근본적인 고려가 필요하며, 초기빗물의 장기간 유입으로 인한 지반의 오염을 방지할 수 있어야 한다.

2.2 강우강도에 따른 급양관 침투량 조사

모래 안에 급양관을 설치한 후 강우강도의 변화에 따른 침투속도를 분석하였다. 강우강도는 50 mm/hr, 100 mm/hr, 150 mm/hr로 변화시켰으며, 각각의 경우에 대한 침투능을 측정하기 위해 모래상자 외부로 유출되는 양을 10분마다 측정하였다 (Fig. 3).

2.3 급양관 설치 간격에 따른 침투량 조사

같은 면적에서 급양관 설치 개수를 두 개로 늘렸을 경우 강우강도의 변화에 따른 침투속도를 분석하였다. 강우강도는 50 mm/hr, 100 mm/hr 및 150 mm/hr로 변화시켰으며, 각각의 경우에 대한 침투능을 측정하기 위해 모래상자 외부로 유출되는 양을 10분마다 측정하였다.

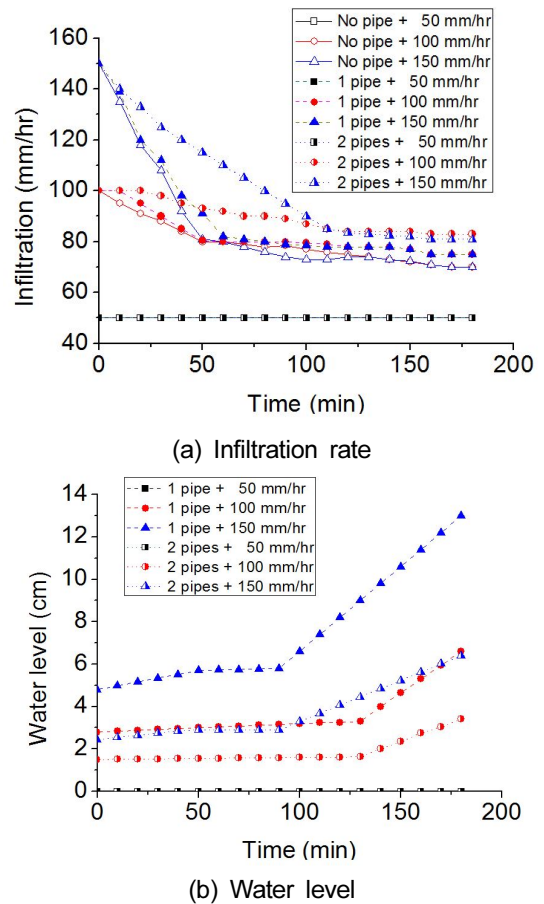


Fig. 4. Infiltration rates and water levels according to rainfall intensity with the number of infiltration pipes in sand layer.

3. 결과 및 논의

3.1 강우강도에 따른 급양관 침투량 변화

급양관이 없는 상태에서의 침투능은 포화상태에 이르렀을 때 70 mm/hr 침투능을 보였다 (Fig. 4a). 강우강도가 클수록 빠른 시간에 포화상태에 이르는데 150 mm/hr의 강우 강도일 경우 약 100분이 걸리고, 100 mm/hr로

을 경우 약 150분이 소요됨을 알 수 있었다. 급양관을 삽입한 경우에는 모래만 있었을 경우보다 포화상태에 이르는 시간이 지연되고, 침투능이 증가하는 것을 볼 수 있었다 (Fig. 4a). 그러나 50 mm/hr의 강우 강도일 경우 급양관 설치에 따른 효과가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 한편 시간이 경과함에 따라 점차적으로 급양관내의 수위가 증가한 후, 침투능이 파괴에 이르기 시작하며 수위가 더 크게 증가함을 보여주었다 (Fig. 4a).

3.2 급양관 설치 수에 따른 침투량 변화

같은 면적에서 급양관 설치 개수를 두 개로 늘렸을 경우 하나의 급양관의 크기가 커진 것과 같은 효과를 나타냈으며, 두 급양관은 동일한 효과 양상을 나타냈다 (Fig. 4b). 또 급양관이 늘어남에 따라 침투능이 감소하는 곡선이 더 완만해짐을 확인 할 수 있었다. 두 급양관이 같은 효과를 보여주고 있음을 나타내며, 단일 설치보다 수위가 절반으로 감소한 것을 나타낸다 (Fig. 4b).

4. 결론

본 연구는 침투관을 활용한 침투량 향상 효과를 정량화함으로써, 도시 홍수저감을 위한 적용 가능성을 검토하였다. 다공성 침투관을 적용한 침투기능 향상에 대한 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 실험에 사용된 다공성 침투관은 1 m²의 집수면적에 대해 각각 50 mm/hr, 100 mm/hr, 150 mm/hr의 강우강도로 실험한 결과 시간이 경과함에 따라 침투능이 저감하지만, 일반 토양의 침투능과 비교하여

향상된 것을 확인 할 수 있다.

- 2) 급양관 설치 간격을 50 cm로 했을 때와 1 m로 했을 때, 모든 사례에서 150 mm/hr의 강우강도의 유입된 물이 두 곳에 고루 나누어져 침투되었다. 각각의 급양관이 제어할 수 있는 면적과 거리를 고려하여, 설치 시 1 m 이상 간격을 두는 것이 같은 수량의 급양관으로 넓은 면적을 관리할 수 있는 방법이다.
- 3) 본 침투관은 도시 강우발생시 빠르게 강우 유출수를 토양으로 흘려 보냄으로써 지표 유출수량을 감소시키고, 도시 홍수 저감에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

References

- Brattebo, B.O. and Booth, D.B. 2003. Long-term stormwater quantity and quality performance of permeable pavement systems. *Water Research* 37: 4369-4376.
- Dreelin, E.A., Fowler, L. and Carroll, C.R. 2006. A test of porous pavement effectiveness on clay soils during natural storm events. *Water Research* 40: 799-805.
- Joo, J.G., Lee, Y.H., Cho, H.J. and Kim J.H. 2012. Analysis of long-term runoff reduction effects by installation of street tree box. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 12(2): 193-197. (in Korean)