분리형 투수블록의 우수유출 저감 효과 분석

Analysis on Runoff Reduction Effects of Detachable Permeable Block

이수형* · 김제원** · 유인균*** · 김낙석****

Lee, Soo Hyung · Kim, Je Won · Yoo, In Kyoan · Kim, Nak Seok

Abstract

Heat island effect and urban floods have become more frequent in urban areas. It is widely known that such phenomena are mostly attributed to an increase in impermeable surface such as buildings and road pavements by urbanization. The permeable block pavement is preferred as one solution to manage this problem, but it is reported that their drainage function is rapidly decreased by clogging in most cases. In this study, we developed permeable blocks that consist of top plate, bottom plate and grids with a hollow inside. There are small holes on the top plate that are 4 mm in diameter, which facilitates drainage, and 3 mm-thick grids make their durability better. For performance evaluation, runoff tests in both lab and site test showed that the new permeable blocks reduced stormwater runoff by more than 30% compared to the conventional blocks.

Key words : Permeable block, Clogging, Stormwater runoff

요 지

최근 도시지역에서 열섬현상과 도시홍수가 빈번하게 발생되고 있다. 열섬현상과 도시홍수의 발생은 도시화에 따라 건물과 도로포장으로 대표되는 불투수면적의 증가가 주요 원인으로 인식되고 있다. 이러한 문제의 해결을 위한 일환으로 투수블록의 적용을 확대하고 있지만 공용 후 급속히 공극이 막혀 투수기능이 상실되므로 이에 대한 대책이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 투수블록의 공극 막힘 문제를 해결하기 위해 상판, 바닥재, 격자로 이루어져 내부가 빈 공간으로 구성된 투수블록을 개발하였다. 상판에 4 mm 직경의 소형 구멍을 다수 형성하여 투수와 보행을 용이하게 하고 3 mm 두께의 격자를 설치하여 내구성을 향상시켰다. 그리고 본 블록의 성능 평가를 위해 강우강도의 모사가 가능한 실험 장치를 이용하여 실내 및 실외에서 우수유출 저감 효과를 실험하였다. 실험 결과, 본 투수블록은 기존 블록에 비해 약 30% 이상 우수유출 저감 효과가 있는 것으로 확인되었다.

핵심용어 : 투수블록, 공극 막힘, 우수유출

1. 서 론

최근 도시지역에서 물순환과 열순환이 왜곡되어 열섬현상과 도시홍수가 빈번하게 발생되고 있다. 물순환과 열순환 왜곡의 주요 원인은 도시화 및 산업화에 따라 건물과 도로포장으로 대표되는 불투수면적의 증가가 주요 원인이다. 불투수면적의 증가로 토양으로 스며드는 빗물의 양과 도시내 증발산량이 감소하여 물순환과 열순환이 왜곡되기 때문이다.

열순환과 물순환 왜곡을 해결하기 위해 도로, 환경, 수자원 분야에서 다양한 노력을 하고 있다. 도로분야에서는 투수성포장 등의 환경성 포장을 적용하여 문제를 해결하고자 하고 환경분야에서는 저류조 설치, 그리고 수자원분야에서는 대심도터널 설치 등으로 문제를 해결하고자 하고 있다. 특히 도로분야에서는 직접적으로 투수면적의 확대가 가능하고 지지하중이 상대적으로 작은 보도를 대상으로 투수블록의 적용을 확대하고 있다.

*정회원. 경기대학교 토목공학과 박사과정(E-mail: shlee1@kict.re.kr)
Member. Doctoral Courses, Major of Civil Engineering, Kyonggi University

한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구원

Member. Senior Researcher Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology

**한국건설기술연구원 도로연구실 전임연구원

Research Specialist, Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology

***한국건설기술연구원 도로연구실 연구위원

Research Fellow, Highway Research Division, Korea Institute of Construction Technology

****교신저자. 정회원. 경기대학교 토목공학과 교수(Tel : +82-31-249-9710, Fax: +82-31-249-9719, E-mail: nskim1@kyonggi.ac.kr)

Corresponding Author. Member. Professor, Civil Engineering, Kyonggi University

그러나 현재 적용되는 투수블록은 공용 후 급속히 공극이 막혀 투수기능이 상실되는 문제가 발생되고 있다. 이는 공용 후 포장면에서 발생된 미세먼지와 실트질 입자 등으로 공극이 폐쇄되기 때문이다. 서울경인 인터로킹블록사업 협동조합(2010)에 의하면 서울시의 경우 새롭게 시공된 투수블록의 시공직후와 6개월 후의 현장투수시험 비교 결과, 시공 6개월 후 투수기능이 급격히 떨어져 투수가 되지 않는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 투수블록의 공극 막힘 문제를 해결하기 위해 새로운 투수블록을 개발하고 그 효과를 평가하였다. 투수블록의 형상과 재료, 내구성 강화 방안 등을 고려하여 투수블록을 개발하였으며 강우강도 모사가 가능한 실험장치를 이용하여 실내 및 실외에서 우수유출 저감 효과를 평가하였다. 이를 통해 개발된 투수블록의 유용성을 제시하고자 한다.

2. 국내외 연구현황

투수성포장은 우수를 토양으로 침투시킨다. 우수의 토양 침투로 물 수지를 개발전 상태로 유지하고 노면배수의 억제가 가능하므로 물순환과 열순환 왜곡을 방지할 수 있다. 또한 토양의 통기성과 수분 확보가 가능하고 오염물질의 여과가 가능하므로 도시 생태계도 보전할 수 있는 장점이 있다.

투수성포장은 이러한 장점이 있지만 차도에 투수성포장을 적용할 경우 우수침투로 인한 지지력 저하가 우려되고 있다. 그러므로 차도에 비해 상대적으로 교통하중이 작은 보도포장을 대상으로 최근 투수블록 포장에 관한 연구가 국내외에서 수행되고 있다.

이호열 등(2007)은 투수성 보도블록의 침투특성과 유출저감 효과를 분석하기 위해 투수성 보도블록에 대한 수리모형 실험을 수행하였다. 모래층과 쇄석층 위에 가로, 세로, 높이가 각각 17.1 m, 5.0 m, 1.4 m인 투수성 보도블록과 일반 보도블록을 설치하고 인공강우장치를 이용하여 강우를 모사하였다. 지속시간 70분, 200 mm/hr의 강우강도에서 우수유출량을 실험한 결과 투수성 보도블록은 일반 보도블록에 비해 35%의 우수유출 저감효과가 있는 것으로 나타났다.

서울경인 인터로킹블록사업 협동조합(2010)에서는 공용 후 투수블록의 투수기능이 거의 상실되었다고 하였다. 서울시에서 사용된 투수블록에 대해 시공직후와 6개월 후의 현장 투수성능을 비교하였다. 비교결과 Fig. 1과 같이 공극 막힘으로 인해 6개월 후 블록의 투수기능이 거의 상실되었다. 이와 같은 투수블록의 투수기능 상실과 관련된 실험 결과는 국내에서 처음 제시되었으며 문서 검토결과 유일한 것으로 판단된다.

YTN의 2010년 9월 27일 뉴스는 서울시에서 집중호우의 피해를 줄이기 위해 도입을 추진중인 투수블록에 대해 보도하였다. 투수블록은 틈새형 블록과 다공성 블록의 두 가지가 있다. 블록과 블록 사이의 틈새로 빗물이 스며드는 틈새형 블록은 블록이 쉽게 파손되고 틈새로 인해 보행이 불편한 단점이 있으며, 블록 자체의 공극으로 빗물이 스며드는 다공성 블록은 미세분진으로 공극이 막히는 단점이 있다고 보도하였다.

Fig. 1. Field permeability test and their results

(21cm) (14cm) (7cm)

Fig. 2. Gap length of block

서울시의 보도자료에 의하면, 서울시에서는 2011년 9월 '투수블록 포장 기술 개발' 용역을 발주하였다. 이 연구는 투수포장의 초기 투수성능을 지속적으로 유지할 수 있는 방안을 마련하고 효과를 정량화하여 투수포장의 적용 당위성을 검증하기 위해 시행되었으며 현재 연구 수행중이다. 그리고 2012년 9월부터 도로포장재의 투수성 검증을 의무화하여 투수계수를 5등급으로 구분하고 등급이 높은 제품을 우선 사용하는 '투수 지속성 인증제'를 시행한다. 또한 현재 침수피해 방지 재원 마련을 위해 투수면적을 기준으로 세금을 부과하는 빗물세 도입을 검토중에 있다.

투수블록에 관한 특허는 배수용 블록, 투수성 보도블록, 복층구조형 투수블록, 공간 투수블록 등의 특허가 출원 및 등록되어 있다. 이러한 특허는 우천시 블록으로 빗물을 투수시켜 토양에 잘 침투되도록 고안된 방법이나 공극 막힘 문제에 대한 투수블록의 효과를 검증하지 못하여 이의 적용이 확대되지 못하는 상황이다.

川畑 등(2000)은 배수성 인터로킹 블록포장의 블록 틈새부에서의 투수성능을 확인하기 위해 틈새 길이를 변화시켜 투수량을 비교하였다. Fig. 2와 같이 틈새 길이 7 cm, 14 cm, 21 cm에 대한 투수량 실험결과와 블록 자체의 투수기능이 높기 때문에 틈새 길이의 변화에 따른 현장투수량에 큰 차이가 나타나지 않았다.

Borgwardt (2006)는 공용기간의 경과에 따른 투수 콘크리트블록의 투수성능 저하를 확인하기 위해 현장에 포설된 투

Fig. 3. Overall trend of the infiltration performance

수 콘크리트블록을 대상으로 투수성능을 실험하였다. 투수성능은 Fig. 3과 같이 블록의 공극이 유기물과 무기물의 미립분으로 막히기 때문에 공용 2년 후 투수성능이 50% 감소하는 것을 확인하였다.

국내외의 투수블록과 관련된 연구는 블록의 투수특성과 우수유출저감 효과에 대한 연구와 공용기간 경과에 따른 투수성능 저하에 관한 연구가 대부분이다. 투수성포장의 우수유출저감 효과에 관한 연구는 도로 분야는 물론 수자원분야에서도 다양한 연구가 수행되고 있다. 투수블록의 투수성능 저하는 Borgwardt의 경우 2년 후 투수성능이 50% 감소하였지만 서울시의 경우 공용 6개월 후 투수기능이 거의 상실되는 것으로 나타났다. 비록 동일한 조건에서의 현장 투수성능 실험 결과는 아니지만 투수블록은 공용 후 공극 막힘으로 인해 투수성능의 저하가 발생되고 있다. 특히 川畑 등은 배수성 인터로킹 블록의 틈새로 인한 투수량에 큰 차이가 나타나지 않는다고 하였으나 블록자체의 공극이 막히고 블록의 틈새가 막힐 경우 투수성능이 급격히 저하되므로 틈새가 막힌 경우의 투수성능에 대한 연구도 필요하다. 투수성능의 저하는 공용기간의 경과에 따라 미세먼지 등으로 공극이 막히기 때문이며, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 근본적인 대책 마련이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 투수블록의 공극 막힘 문제를 해결하기 위해 새로운 투수블록을 개발하고 효과를 확인하였다.

3. 분리형 투수블록의 개발

투수블록의 공극 막힘 문제를 해결하기 위해 폐플라스틱 소재를 이용하여 블록 내부를 빈 공간으로 구성한 분리형 투수블록을 개발하였다. 분리형 투수블록은 상판, 지지 본체, 바닥체로 구성되어 있다. Fig. 4는 개발된 투수블록의 윗면과 아랫면 형상을 나타내고 Fig. 5는 상판, 밑면, 바닥판을 나타낸다. Fig. 6은 투수블록의 설치모습을 나타내고 있다. 분리형 투수블록은 기존 20cm의 일반블록과 함께 설치되므로 기존의 블록 시공방법과 거의 동일하게 시공할 수 있다.

분리형 투수블록은 Fig. 4와 같이 내부의 빈 공간에 우수저류와 동시에 공극 막힘을 발생시키는 먼지와 이물질을 축적할 수 있다. 그리고 탈착식으로 되어 있기 때문에 블록을 쉽게 분리하여 쌓인 이물질의 제거가 가능하므로 블록의 공극 막힘이 근본적으로 발생되지 않는다. 또한 분리형 투수블

Fig. 4. Form of detachable permeable block

Fig. 5. Top plate, underside, bottom plate of detachable permeable block

Fig. 6. Installation of permeable block

록의 내구성을 향상시키기 위해 3mm 두께의 격자를 설치하여 5 ton/m² 이상의 압축강도를 나타내므로 보도에 문제없이 사용될 수 있다.

상판은 가로 100mm, 세로 100mm, 두께 3mm로서 직경 4mm인 소형 구멍을 5×5개 씩 좌우상하 4면에 분포시켜 우수의 투수성능 및 보행이 용이하도록 설계하였다. 지지체의 가로 및 세로는 각각 외측이 100mm, 내측이 94mm가 되게 하고 높이를 63mm로 하되 밑면의 테두리는 내측으로부터 각각 8mm되게 설계하여 안정성을 부여하였다. 내부는 두께 3mm의 열십자 격자를 밑면에서 약 3mm 아래의 위치에 위치하게 하여 1개의 격자 공간이 약 120cc가 되고 총 격자 공간이 480cc 되도록 본체를 구성하였다. 바닥체는 가로, 세로 각각 94mm로 중앙에 직경이 40mm인 커다란 구멍과 모서리 위치 각각에 직경 20mm인 구멍을 형성하여 시공 시 현장에서 조립할 수 있도록 설계하였다.

분리형 투수블록은 상판의 소형 구멍으로 우수유출이 원활히 되고 하이힐이 블록에 박히지 않아 보행자의 보행이 편안하며 토양으로 우수침투가 가능하다. 그리고 바닥체가 분리됨

으로써 오염물질의 제거가 가능하므로 공극 막힘 문제를 해결하여 지속적으로 우수유출 저감효과를 기대할 수 있다. 또한 부가적으로 블록의 구조가 단순하므로 제조가 용이하고 폐플라스틱의 사용으로 자원의 재활용이 가능하며 격자공간에 고흡수성 고분자 복합체를 충전시켜 비점오염도 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

4. 분리형 투수블록의 우수유출량 실험

분리형 투수블록은 블록 자체의 형상으로 인해 근본적으로 공극 막힘 현상이 발생하지 않으므로 현장 투수성능 실험은 제외하고 우수 침투효과를 확인하기 위해 실내와 실외에서 일반블록과 비교하여 우수유출량 실험을 실시하였다. 실내 실험은 강우강도 모사가 가능한 인공강우 실험 장치를 이용하였고 실외 실험은 2 m×2 m의 면적에 블록을 설치하고 일정한 양의 물 공급이 가능한 실외 실험 장치를 사용하여 실험하였다.

4.1. 실내 우수유출량 실험

실내 실험은 Fig. 7과 같이 강우강도 모사가 가능하도록 제작된 장치를 이용하였다. 이 장치는 유압으로 강우량을 조정할 수 있다. 최동유 등(2010)은 우리나라의 평균 강우강도를 70 mm/hr로 제시하였으나 실험 장비의 강우강도 모사 한도와 그 이상으로 발생할 수 있는 강우강도를 고려하여 약 100 mm/hr의 강우강도로 실험하였다.

실내 실험은 공용 후의 틈새 막힘을 모사하기 위해 Fig. 8과 같이 블록의 틈새를 실리콘으로 처리하여 실험하였다. 실험은 일반블록 4개와 분리형 투수블록 1개를 적용한 투수블록 공시체 세트 2개, 투수블록 공시체 세트와 동일한 모양의 일반블록만으로 이루어진 공시체 세트 2개로 총 4개의 공시

Fig. 7. Lab test equipment

(a) 투수블록 (b) 일반블록

Fig. 8. Siliconized test specimen

Table 1. Runoff ratio in surface and underside

시간(분)	투수블록 유출비율(%)		일반블록 유출비율(%)	
	표면	하부	표면	하부
0	0	0	0	0
10	67.2	32.8	95.3	4.7
20	62.7	37.3	93.6	6.4
30	67.7	32.3	93.3	6.7
40	66.4	33.6	92.2	7.8
50	65.9	34.1	93.3	6.7
60	66.7	33.3	93.2	6.8
70	66.0	34.0	93.5	6.5
80	63.8	36.2	92.9	7.1

Fig. 9. Runoff changes of permeable and normal block

체 세트를 사용하였다. 우수유출량은 Table 1 및 Fig. 9와 같이 블록의 표면유출량과 하부유출량을 구분하여 측정하였다. 표면유출량은 우수가 블록으로 침투되지 못하고 블록 표면에서 유출되는 양을 의미하고, 하부유출량은 우수가 블록으로 침투하여 블록 하부로 유출되는 양을 의미한다. 유출되는 위치에 따라 각각 우수를 수집하여 그 양을 측정하였다.

총유출량은 실험 시작 60분 후 투수블록은 6.9%, 일반블록은 8.3%로 일정한 값을 나타내었다. 총유출량이 실험시 우수의 외부유출 등으로 투수 및 일반블록에서 동일한 값이 측정되지 않았으므로 Table 1과 같이 블록별 총유출량에 대한 비율로 블록의 유출량을 비교하였다.

표면유출의 경우 투수블록은 총유출량의 63.8%, 일반블록은 총유출량의 92.9%가 유출되고 하부유출의 경우 투수블록은 총유출량의 36.2%, 일반블록은 총유출량의 7.1%가 유출되었다. 그러므로 100 mm/hr의 강우강도에서 투수블록은 일반블록에 비해 약 30% 정도의 우수유출량 저감 효과를 나타내고 있다.

4.2. 실외 우수유출량 실험

실외 실험은 Fig. 10 및 Fig. 11과 같이 2 m×2 m의 면적에 투수블록과 일반블록을 설치하여 유출량을 비교하였다. 분당 14 l의 우수유입이 가능한 살수 장치를 이용하여 약 60분간 살수하고 약 180분 동안 유출량을 측정하였다. 블록의 틈새가 유지된 경우와 공용 후의 틈새 막힘을 모사하여 블록의 틈새를 실리콘으로 처리한 경우로 구분하여 표면유출량과 하부유출량을 측정하였다. 물론 하부유출량은 노상도에 따라 우수의 저류량과 우수 지연시간에 차이가 발생하나 본 연구에

Fig. 10. Permeable block installation for site test

Fig. 11. Normal block installation for site test

Fig. 12. Runoff changes in permeable block(Maintained Gap)

Fig. 13. Runoff changes in normal block(Maintained Gap)

서는 우선 노상토의 영향은 배제하였다.

블록의 틈새를 유지한 경우 투수블록과 일반블록의 우수유출량 결과는 Fig. 12 및 Fig. 13과 같다. 총유출량은 실험 시작 180분 후 투수블록은 522.5 l, 일반블록은 593.3 l로 일정한 값을 나타내었으나 실험시 우수의 외부유출 등으로 투수 및 일반블록에서 동일한 값이 측정되지 않았으므로 블록별 총유출량에 대한 비율로 블록의 유출량을 비교하였다.

표면유출의 경우 투수블록은 총유출량의 9.9%, 일반블록은 총유출량의 40.2%가 유출되고 하부유출의 경우 투수블록은

Fig. 14. Runoff changes in permeable block(Closed Gap)

Fig. 15. Runoff changes in normal block(Closed Gap)

총유출량의 90.1%, 일반블록은 총유출량의 59.8%가 유출되었다. 실내 실험결과와 유사하게 투수블록은 일반블록에 비해 약 30% 정도의 우수유출량 저감 효과를 나타내고 있다.

공용후 블록의 틈새 막힘을 모사하기 위해 블록의 틈새를 실리콘으로 처리한 경우 투수 및 일반블록의 우수유출량 결과는 Fig. 14 및 Fig. 15와 같다. 총유출량은 실험 시작후 약 150분 후 투수블록은 360.0 l, 일반블록은 408.5 l로 일정한 값을 나타내었으나 마찬가지로 블록별 동일한 값이 측정되지 않았으므로 총유출량에 대한 비율로 투수 및 일반블록의 유출량을 비교하였다.

표면유출의 경우 투수블록은 총유출량의 9.0%, 일반블록은 총유출량의 82.8%가 유출되고 하부유출의 경우 투수블록은 총유출량의 91.0%, 일반블록은 총유출량의 17.2%가 유출되었다. 그러므로 노상토의 영향을 배제할 경우, 투수블록은 일반블록에 비해 약 74% 정도의 우수유출량 저감 효과를 나타내고 있다. 이는 실내 실험결과 및 블록의 틈새를 유지한 경우 본 투수블록이 약 30% 정도의 우수유출 저감효과를 나타내는 경우와 비교하여 공용후 블록의 틈새가 막혔을 경우 본 투수블록이 일반블록에 비해 약 74% 정도 월등한 우수유출 저감 효과를 나타냄을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 투수블록의 공극 막힘 문제를 해결하기 위해 내부를 빈 공간으로 구성한 분리형 투수블록을 개발하였다. 개발된 투수블록의 성능을 확인하기 위해 실내 및 실외에서 우수유출량 실험을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 실내 실험 결과, 100 mm/hr의 강우강도에서 표면유출의 경우 투수블록은 총유출량의 63.8%, 일반블록은 총유출

량의 92.9%가 유출되고, 하부유출의 경우 투수블록은 총유출량의 36.2%, 일반블록은 총유출량의 7.1%가 유출되어 투수블록은 일반블록에 비해 약 30% 정도의 우수유출량 저감 효과가 있음을 확인하였다.

- 2) 실외 실험 결과, 블록의 틈새를 유지한 경우 표면유출은 투수블록의 경우 총유출량의 9.9%, 일반블록의 경우 총유출량의 40.2%가 유출되고, 하부유출은 투수블록의 경우 총유출량의 90.1%, 일반블록의 경우 총유출량의 59.8%가 유출되어 실내 실험결과와 유사하게 일반블록에 비해 약 30% 정도의 우수유출량 저감 효과가 있음을 확인하였다.
- 3) 실외 실험 결과, 블록의 틈새를 실리콘으로 처리한 경우 표면유출은 투수블록의 경우 총유출량의 9.0%, 일반블록의 경우 총유출량의 82.8%가 유출되고, 하부유출은 투수블록의 경우 총유출량의 91.0%, 일반블록의 경우 총유출량의 17.2%가 유출되었다. 노상토의 영향을 배제할 경우, 투수블록은 일반블록에 비해 약 74% 정도의 우수유출량 저감 효과가 있음을 확인하였다.
- 4) 실험 결과를 고려할 때 분리형 투수블록은 최소 약 30% 이상의 우수유출 저감효과가 있으며 특히 공용 후 블록의 틈새가 막혔을 경우 일반블록에 비해 월등한 우수유출 저감효과를 나타낼 수 있다고 판단된다. 따라서 분리형 투수블록을 활용하면 도시부의 열섬현상과 도시홍수 개선에 기여할 것으로 기대된다.

References

- Choi, D.Y., Sung, J.Y., Yun, J.H. and Noh, S.K. (2010) Rainfall Intensity Distribution by Time Rate in Korea, *Proceeding of Conference of Korean Institute of Information Technology in 2010*, pp. 111-114.
http://www.ytn.co.kr/_ln/0103_201009271905501284
- James, W. and von Langsdorff, H. (2003) The use of permeable concrete block pavement in controlling environmental stressors in urban areas, *7th International Conference on Concrete Block Paving*
- Lee, H.Y., Kim, Y.T., Lee, C.K., Lee, J.S. (2007) Experimental Study on Infiltration Properties of Permeable Pavement, *Proceeding of Conference of Korean Society of Civil Engineer in 2007*, pp. 2613-2616.
- Park, Y.S., Lin, W.G., Song, K.R.S., Kim, H.W. and Cho, Y.H. (2011) A Study on Rain Flow of Block Pavement Using an Accelerated Pavement Tester, *Proceeding of Conference of Korean Society of road Engineer in 2011*, pp. 159-166.
- Seoul (2011) 'Development of Permeable Block Pavement Technologies' for Localized Heavy Rain, Report 2011.08.29.
- Seoul (2012) Development of the World's First Technologies for Sorting out High Permeable Pavement Materials, Report 2012.08.23.
- Seoul and Kyung In Concrete Interlocking Block Cooperative (2010) ILB-News letter No. 3.
- Soenke Borgwardt (2006) Long-term in-situ infiltration performance of permeable concrete block pavement, *8th International Conference on Concrete Block Paving*.
- 川畑, 耕一, 松澤, 義明, 道場, 政則 (2000) 排水性インターロッキングブロック舗装工法, *舗装* 35-7.

◎ 논문접수일 : 2012년 10월 05일
 ◎ 심사의뢰일 : 2012년 10월 08일
 ◎ 심사완료일 : 2012년 10월 29일