

도심지 저영향 개발(LID)을 위한 보·차도 블록의 활용



한 옹 택 | (주)이노블록 대표이사

1. 개요

산업화의 가속과 도시화가 진행되면서 도심지 Hardscape화와 함께 지표의 불투수화가 급격하게 진행되었다. 서울시의 경우 불투수 면적이 1962년 7.8%에서 2011년 48%로 7배 가까이 증가하였다. 이와 같이 도심지의 토지이용변화로 강우유출량이 증가하면서 도시침수 등의 문제가 심화되고 유기물, 중금속 등 비점오염물질 배출량 증가로 하천에 가해지는 오염부하가 높아져 이에 대한 대책마련이 요구되고 있다. 또한 기온상승, 강우량·강우강도 증가 및 국지성 호우 등 기후변화에 대한 대비와 하천 건천화, 지하수 고갈, 도시열섬현상 등 개발로 인한 문제해소가 필요한 상황이다.

2. 도시 기후의 변화

2.1 도시홍수

지구온난화로 인한 기후변화 중에 가장 큰 특징이

강수의 집중도가 굉장히 커진다는 점이다. 이는 집중호우의 빈도가 계속 증가하고 있다는 것으로 한국의 집중호우 일수는 1980년대 1.3일에서 2000년대에는 1.7일, 최근에는 2일을 넘는 추세이다. 이러한 현상은 사방 10km의 극히 좁은 지역에 시간당 100mm 이상의 게릴라성 호우가 쏟아짐으로 인하여 하수관의 통수용량을 초과하여 도시침수, 즉 도시형 홍수가 빈번히 발생되고 있는 실정이다. 최근 도시침수의 60%가 통수용량부족으로 인한 것으로 볼

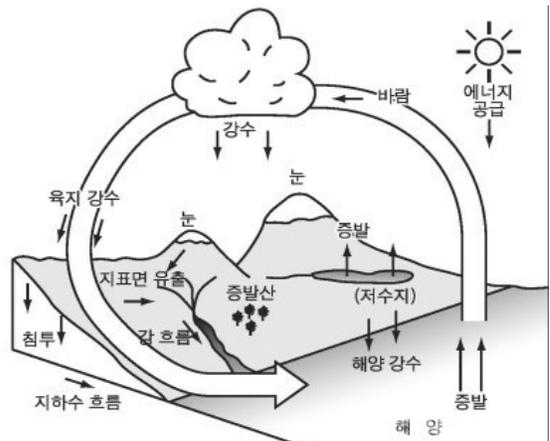


그림 1. 자연생태계의 물순환

때, 도심지 하수관의 개선과 함께 불투수층의 개선으로 우수를 지표에서 지연하여 하수관 유입속도를 저하시키거나 그림 1과 같이 자연 물순환체계에 기여하도록 하는 방안이 요구된다.

2.2 도시열섬화(Heat Island)

도시중심부의 기온이 외곽지역에 비하여 높아지는 도시열섬화 현상이 사회적, 환경적 문제로 대두되고 있다. 이러한 도시열섬화 현상은 그림 2와 같은 다양한 원인으로 도심지의 온도가 외곽지에 비하여 높게 나타나고(그림 3), 올라간 온도가 야간에도 내려가지 않아 열대야현상을 가져오고, 도심의 공기가 외부와 교환이 이루어지지 않아 대기오염을 가중시키는 등 도시 생태계의 변화를 불러일으키는 주요

원인이다. 도시열섬화 현상은 지구온난화의 영향이 70%이고, 도시의 열기를 흡수하거나 완화시켜 주는 기능부족, 즉 녹지, 수면 등의 면적이 줄어드는 도시화로 인한 영향이 30%를 차지한다.

이러한 도시열섬화 현상 및 열대야는 중소도시에 비하여 대도시를 중심으로 많이 일어나는데, 최근 30년간 6대 도시의 평균 폭염일수는 10.1일에서 11.1일로 1일 증가한 반면 열대야 일수는 5.3일에서 5.7일 증가하여 열섬화 현상이 대도시를 중심으로 지속적으로 늘어나고 있다.

3. 저영향 개발(Low Impact Development)

3.1 저영향 개발의 정의

다양한 개발로 인한 도시화는 불투수면의 증가로 강우유출량이 증가하면서 도시침수 등의 문제가 심화되고 유기물, 중금속 등 비점오염물질 배출량 증가로 하수관 및 하천에 가해지는 부하가 높아져 이에 대한 대책마련이 요구되고 있다. 또한 지구온난화에 따른 기후변화 영향 그리고 도심 인공열에 의한 도시열섬화 현상 등 개발로 인한 문제해소가 필요한 상황이다. 이에 따라 개발로 인해 증가되는 생태계의 변화를 효과적으로 제어하고 관리할 수 있는 저영향 개발의 적용 필요성이 대두되고 있다.

저영향 개발에 대한 정의는 다양하게 제시되고 있으나 개발로 인해 변화되는 생태계 특성을 개발전과 최대한 유사하게 하도록 제시하고 있다. 국내 사례를 보면 “자연에 미치는 영향을 최소화 하여 개발하는 것”, “홍수 및 수질오염 저감을 위한 우수의 침투, 저류, 물순환 체계를 고려한 토지이용계획기법” 등으로 정의하고 있다.

3.2 저영향 개발의 효과

저영향 개발은 수질 및 수생생태계 건강성 향상,



그림 2. 열섬화 현상의 요인

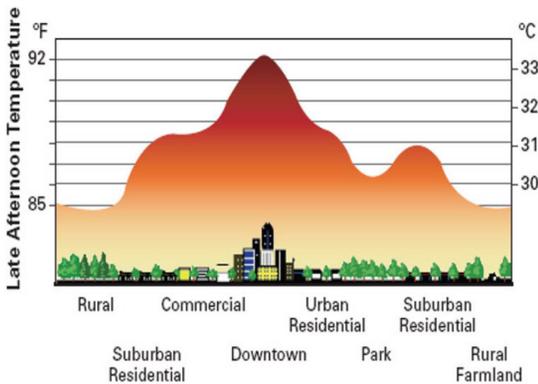


그림 3. 도심과 외곽지역의 기온 비교

도시침수 및 열섬화 현상 완화, 도시경관 개선 등의 효과를 갖는다. 주요 효과로 강우유출량 및 오염물질 유출량 저감을 기대할 수 있다. 강우유출량의 경우 국내에는 저영향 개발 적용 전·후의 저감효과에 대한 실측사례가 없으나, 미국환경청에서는 위스콘신주의 사례를 보고하고 있는데, 강수량 0.2인치 이하에서는 유출이 거의 일어나지 않고, 1.0인치 이하에서도 효과적으로 보고하고 있다.

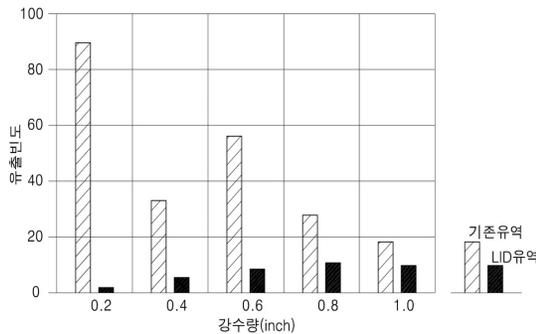


그림 4. 유출저감사례

LID의 적용 시 개별 기술요소별 강우유출량 저감 효과는 식생지류지 20~50%, 옥상녹화 45~60%, 투수성포장 45~75%, 식생수로 10~20%, 침투시설 50~90%로 보고되고 있다. 저영향 개발은 강우유출량 및 오염물질유출량 저감 뿐만 아니라 다양한 편익을 제공하는 것으로 보고되고 있다. 주요 효과로 도심열섬현상 완화, 심미성 및 지역가치 상승, 친수공간 제공, 생태서식처 제공 등을 제시하고 있으며 공기질 개선, 에너지 절약 등의 효과를 포함하고 있다.

4. 기후변화 대응 블록의 개발 및 적용

4.1 차열성 블록

4.1.1 개발배경

최근, 도심중심부의 기온이 도시외곽과 비교해 높아지는 열섬화현상이 큰 사회문제로 주목받고 있다. 그 원인 중 하나로, 도시면적의 대부분을 차지하는 불투수 Hardscape 포장면, 벽체 등이 주원인으로 꼽히고 있다. 햇빛이 강한 여름, 태양광(적외선)으로 가열되는 노면온도는 낮 동안 60℃에 달할 때도 있고, 일몰 후 축열된 열이 방출되기 때문에 열대야의 원인이 되고 있다. 블록포장에서는 투수성 블록¹⁾, 보수성 블록²⁾ 등에 의해 열섬화현상의 대책을 진행시켜 왔다. 이들은 자연강우 조건에 좌우되는 문제점이 한계를 가지고 있기 때문에, 열섬화현상에 대응 가능한 블록개발을 하게 되었다.

4.1.2 차열성 블록의 개발

차열성 블록³⁾의 가장 큰 특징은 낮 동안의 노면 온도를 저감시킬 뿐만이 아니라, 밤 사이의 방열도 적어 공조부하를 낮추는 절전효과도 기대할 수 있는 블록이다. 차열성 포장블록은 적외선을 차단하는 재료를 콘크리트 안에 넣음으로써 태양열 복사에 의한 축열을 억제하고, 블록 표면의 온도상승을 저감시킨다. 그 온도저감 성능은 실내조사시험에 따르면 아스팔트가 60℃ 일때, 차열성 블록의 표면온도는 45~48℃를 나타내고, 12~15℃의 온도저감효과를 알 수 있었다.

차열성 블록의 실내조사시험은 시험대⁴⁾를 설치하

- 1) 투수성 블록은 일반 블록에 비하여 공극의 간격이 크므로 축열되기 어려운 점을 가지고 있다.
- 2) 보수성 블록은 빗물 등을 흡수해 축적하고, 수분이 기화할 때의 냉각효과에 의한 노면온도 저감현상을 이용한 것.
- 3) 차열성 블록이란 물체에 가장 흡수되기 쉽게 노면을 가열하는 태양광 안의 적외선을 차단함으로써 축열을 경감, 포장면의 온도상승을 억제하는 것이다.
- 4) 실내 온도 시험방법
 1. 측정장소는 환경시험 실내(온도 20±2℃, 습도 60±5%)로 한다.
 2. 시험체(298mm×298mm×60mm)를 상기의 시험장치에 설치하고, 표면온도측정 센서를 중앙 및 5cm 간격으로 상하 2곳에 설치.
 3. 시험체와 단열재 사이에는 알루미늄테이프를 붙인다.
 4. 온도측정 간격은 10분 간격으로 하고, 시험개시부터 210분 경과까지 측정한다. 사전에 아스팔트 온도를 측정하고, 2~4시간에 60℃가 되도록 램프 높이를 설정한다.

고, 실온 20℃, 습도 60%의 조건⁵⁾에서 시행하였다.

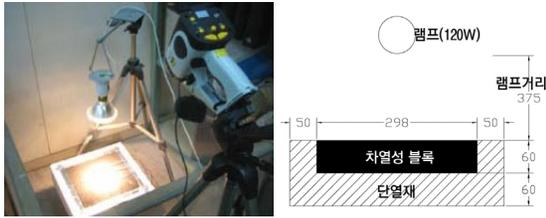


그림 5. 시험장치

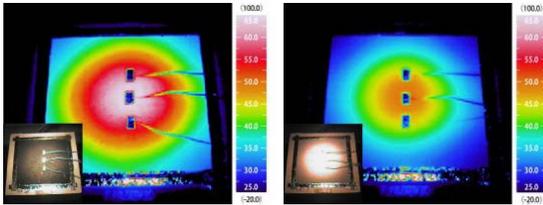


그림 6. 210분 후 열화상 카메라 영상
(좌 : 아스팔트, 우 : 차열성 블록)

아스팔트가 60℃ 일때, 차열성 블록의 표면온도는 45~48℃이고, 12~15℃의 온도저감효과를 알 수 있었다. 또한, 차열성 포장재는 차열재를 표층부 전체에 혼합하여 제작하였으므로, 표면이 마모됐을 때에도 온도저감효과에 거의 차이가 없음을 확인하였다.

또 하나의 실험결과는 노면의 온도가 명도에 영향을 받는다는 것이다. 색이 밝을 수록 적외선을 차단하는 효과가 높고, 이것이 온도저감에도 영향을 준다는 것이다.

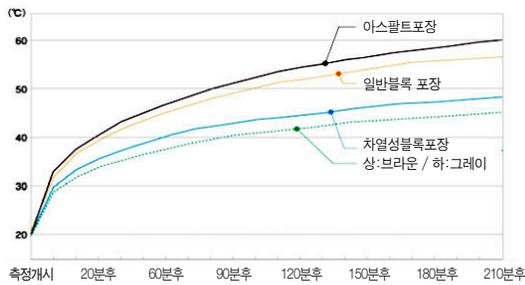


그림 7. 실내조사 시험에 의한 각종 포장재료의 표면온도 변화

5) 일본차열성포장기술연구회의 시험방법

실외에서 아래와 같이 아스팔트(우측 가장자리 하단)와 색상별, 기능별(보통블록, 투수블록, 보수성블록)로 설치 후 2시간 후 측정된 결과이다.

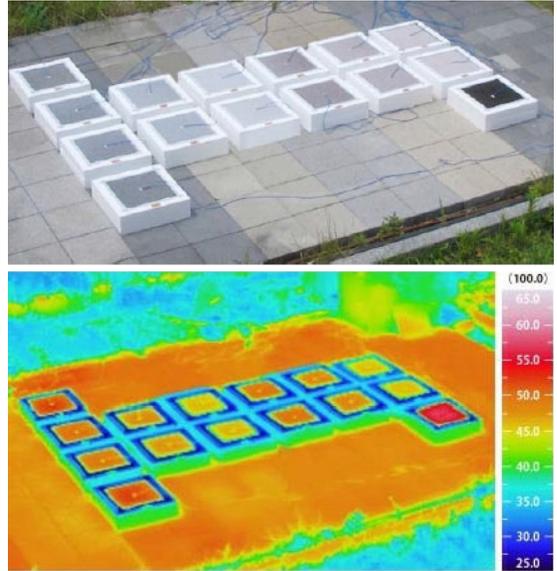


그림 8. 실외 차열성 실험 및 열화상 카메라 영상

실외시험결과 라이트 계열, 다크 계열 전부 아스팔트 콘크리트 대비로 8~12℃의 온도저감효과를 확인할 수 있었다. 또한 그림 9와 같이 높이별 온도를 측정⁶⁾한 결과 그림 11의 결과를 얻을 수 있었다.

그림 11의 그래프는 아스팔트와 차열성 블록과의 높이별 온도의 차이를 보여 주는 결과 값이다.

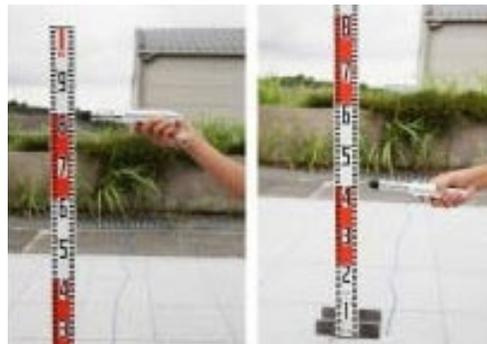


그림 9. 높이별 열부하 측정

6) 일중 최고기온이 30℃를 넘는 날 지표로부터 높이 40cm, 80cm, 120cm의 높이에서 온도를 30분마다 측정

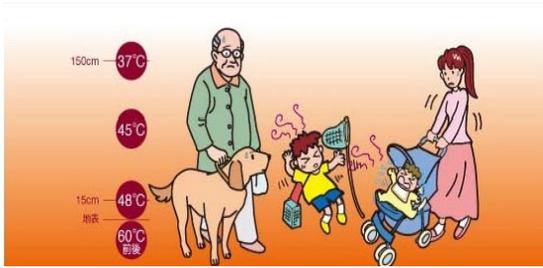


그림 10. 아스팔트 높이별 열부하 결과

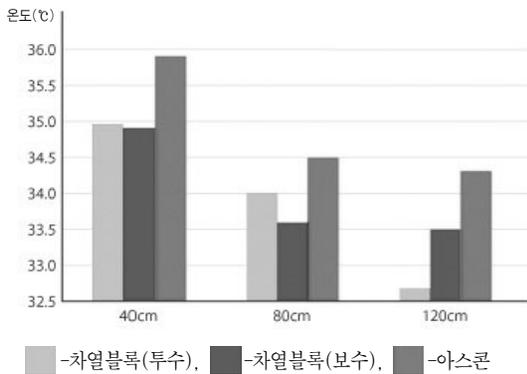


그림 11. 높이별 온도 측정 그래프

그림 10은 인체의 열부하가 아스팔트에 비해 적은 것을 나타내고 있는 것을 볼 수 있다. 또한, 높이별로 주목해야 할 것은 지표에서 40cm에 큰 수치가 되어 있고, 80cm, 120cm로 높아질 때마다 낮게 변화하고 있다. 80cm까지가 노면에서의 열부하를 받기 쉬운 높이이고, 여기에서의 온도저감을 도모하는 것이 인체에의 열부하를 완화시키는 것으로 볼 수 있다.

4.1.3 차열성 블록의 적용

도심지 내의 광장, 보도 등에 차열성 포장재의 사용은 다양한 요인에 의하여 발생하는 도심열섬화 현상 및 이로 인해 나타나는 열대야현상을 줄여줌으로써 도시생태계의 이상 변화를 줄일 수 있는 방안이라 판단된다.

4.2 저류형 블록

4.2.1 개념 및 개발배경

저류형 블록이란 강우를 블록 내부의 공동부에 일시저류하고, 노면에 분산, 침투시키거나 유용하기 위한 블록이다. 종래의 투수성 블록의 경우 지반이 불투수층이거나 지반의 투수계수가 낮아 원활한 침투가 이루어지지 않고 노면에 물이 고이는 현상이나, 케릴라성 집중호우에 의하여 노면에 우수가 고이는 단점을 보완하기 위하여 개발한 블록이다. 기존의 투수기능에 저수기능을 부가함으로써 강우를 저류 침투시키는 것이 가능하게 되고, 케릴라 호우 등의 피해를 완화시키며, 보행의 안전·안심을 높이는 것을 가능하게 한 블록이다.

4.2.2 저류형 블록의 특징

저류형 블록은 빗물을 일시저류하고, 시간차를 두고 노면에 침투시킴으로써 유출량을 경감시켜 하수도와 하천에의 부하를 줄이고, 케릴라성 호우 등으로 발생하는 도시형 수해를 완화시킬 수 있다. 일시저류량은 약 80 l/m²로 종래의 투수블록 저류량 약 10 l/m²의 약 8배의 저류가 가능하다. 블록 본

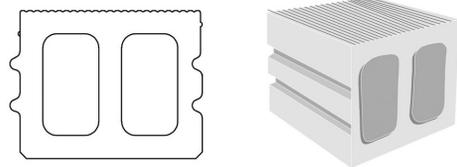


그림 12. 저류형 블록의 형상

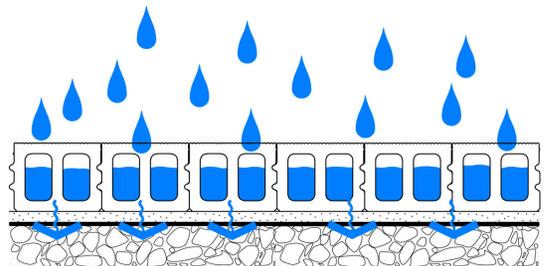


그림 13. 저류형 블록의 기능

체에서의 투수침수와 줄눈 부분에서의 높은 배수 성능에 따라, 빠르게 블록 공동부에 일시 저류가능하고, 포장면의 침수를 억제시킬 수 있는 기능을 가지고 있다.

4.2.3 저류형 블록의 성능

줄눈부의 투수계수(정수위 시험 : 물이 일정하게 저장된 상태의 시험)은 $1.0 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ 의 45배 정도가 되고, 1초당 0.45cm의 침수속도가 된다. 이 침수속도는 일반적으로 투수계수 $1.0 \times 10^{-2} \text{m/sec}$ 이상이면, 강우강도 50mm/h가 전부 침수되는 것이 가능하게 된다는 것으로, 저류형 블록은 시간당 2,250mm(50mm×45배)를 침수하는 성능이 있으며, 게릴라성 호우와 집중호우가 발생해도 효율적으로 블록의 내부에 빗물을 침수시키는 것이 가능하다. 더불어, 이 성능은 저류형 블록 자체의 성능이며, 모래안정층과 기층골재의 침수성능은 뒤떨어지므로, 저류형 블록의 저수량이 가득 차면 overflow할 우려가 있다. 다만, 저류형 블록이 overflow한 경우, 통상 투수성 블록은 70mm의 침수가 발생한다고 할 수 있다(저류형 블록의 저수량 80 l와 투수 블록 저수량 10 l의 차이). 저류형 블록의 저수량 80 l가 노반에 전부 침수되는 시간은 모래안정층과 골재층, 지반의 침수속도에도 따르지만, 가령 모래안정층의 투수계수가 $1.0 \times 10^{-3} \text{m/sec}$ 로 가정한 경우, 모래안정층의 침투속도는 1초당

0.001cm, 1시간 당 3.6cm가 된다. 따라서, 80 l (80mm)를 전체 침투시키기 위해서는 2시간 10분 정도의 시간이 필요하다.

4.2.4 저류형 블록의 응용

저류형 블록은 그림 15와 같이 지하침투를 통한 자연의 물순환에 기여뿐만 아니라, 불투수면의 증가로 생육이 어려운 도심지 내 가로수, 띠녹지 등에 원활한 수분공급으로 식생의 생육에 도움을 줄 수 있다. 뿐만 아니라 식생수로와의 연계를 통하여 지하침투의 성능을 향상시킬 수 있다.



그림 15. 가로 녹지대 수분공급 모식도



그림 16. 식생수로 조성 및 지하침투



표면적 cm ²	수두차 cm	배수량 cm ³	투수계수 ×10 ⁻² cm/sec
388.1	10.7	927.7	2.1

그림 14. 저류형 블록 투수계수 시험결과

5. 결론

현대의 도시에서 나타나고 있는 도시화, 그리고 지구 기후환경의 변화, 이 두 현상이 가져온 도시생태계의 변화에 능동적으로 대처하기 위해서는 다양한 형태의 저영향 개발요소의 적용이 절실히 요구된다. 다양한 저영향 개발 기술요소 중 부분적이기는 하나 도심 오픈스페이스의 대부분을 차지하는

Hardscape 포장면에 기능성 블록(차열성, 저류형)을 이용하여 적용함으로써 수생태계 및 도심의 물순환 건강성 회복, 도시침수 및 열섬현상 완화 등의 도시생태계 회복 등의 효과를 가져 올 수 있을 것이다.

참고 문헌

환경부, 2013, 저영향 개발(LID) 기술요소 가이드라인
일본홍업, 2011, 차열성 포장블록 개발히스토리
일본홍업, 2011, 저류형 블록의 Q&A
(사)한국지구과학회, 2009, 지구과학사전

회원가입안내

본 학회는 건설교통부장관의 설립허가(1999. 5. 29)를 받은 사단법인 한국도로학회입니다. 본 학회는 다음 사업내용으로 건설한 학회운영을 하고 있습니다. 여러분의 기술적 자질향상을 위해서 널리 회원을 모집하오니, 본 사업취지에 찬동하시는 개인이나 단체는 입회하시어 본 학회의 발전에 협조하여 주시기 바랍니다.

사업내용

- 도로공학에 관한 국내외 기술교류와 공동연구
- 도로공학에 관한 조사연구와 성과의 보급
- 도로공학에 관한 자문, 평가 및 교육
- 도로공학에 관한 시방과 기준의 연구
- 학회지 · 논문집 및 도서의 간행
- 학술발표회, 세미나의 개최
- 현장견학, 시찰 등의 실시
- 기타 학회의 목적에 필요한 사업

회원의 종류

- 정 회 원 : 도로 및 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 도로 및 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
- 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 단체
- 참여회원 : 학회 회장을 역임한 자
- 명예회원 : 대의원회에서 추대한 자

- 회 비**
- 입 회 비 : 20,000원(정회원에 한함)
 - 연 회 비 : ① 정 회 원 : 30,000원 / (중신회비 400,000원)
② 학생회원 : 15,000원(대학 및 전문대학생에 한함)
③ 특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상
2급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 10만원

입회신청 회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 소정의 입회원서와 입회비 및 연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

회비납부(가입회원명으로 입금) 한국씨티은행 : 102-53510-243 (사)한국도로학회

사무국 : 우)121-706 서울시 마포구 공덕동 456 르네상스타워 1410호

전화 : 02-3727-1992~3 전송 : 02-3272-1994

E-mail : ksre1999@hanmail.net http://www.ksre.or.kr

사단법인 **한국도로학회**