

시험도로에 대한 초기 계측 작업 및 결과 소개

배성호* · 이경하** · 정진훈** · 권순민*** · 이재훈***

1. 개요

한국도로공사에서 2002년 12월에 건설을 완료한 시험도로에는 콘크리트포장 단면 25개, 아스팔트포장 단면 15개가 시공되었으며, 11종의 1900여개의 계측기들이 매설되어 있다. 계측기별 초기계측은 3개월에 걸쳐 콘크리트와 아스팔트 전단면에 대해 수행되었다. 48채널의 동적데이터로거를 중심으로 구성된 콘크리트포장 계측용 수동계측시스템과 32채널로 구성된 아스팔트포장 계측용 수동계측시스템이 초기계측에 사용되었으며, 정적하중재하시험, 동적하중재하시험, FWD충격하중재하시험 위주로 계측이 진행되었다. 본 기사에서는 시험도로의 초기계측을 중심으로 언급하고자 한다.

2. 초기계측 항목

2.1 항목

초기계측은 수동계측항목 위주로 진행되었으며 계측시스템의 점검, 계측기 검증, 실험방법 정량화를 위해 수행되었다. 자동계측항목은 데이터의 획득이 2003년 3월부터 이루어져 왔다. 이러한 초기계측의 범위 및 항목은 다음 표 1과 같다.

표 1. 초기계측의 범위 및 항목

목 적	범 위	항 목
계측시스템 점검	전체 계측시스템	계측시스템 안정화 및 운용
실험방법 정량화	수동계측	정적하중재하시험
		동적하중재하시험
		FWD충격하중재하시험
	환경하중재하시험	
	자동계측	데이터획득간격정량화

3. 정적하중재하시험

3.1 콘크리트포장

정적하중재하시험은 하중재하판을 적재한 15톤 덤프트럭을 이용하여 수행되었다. 하중재하판은 가로 1829mm, 세로 914mm, 두께 19mm의 철판으로, 하중재하판 1개의 무게는 249kg이다. 운하중의 확인은 이동식 축중계를 이용하였으며, 하중재하트럭의 제원 및 정적하중재하에 사용된 운하중값은 그림 1과 같다.

정적하중재하시험은 하중에 대한 포장의 거동 특성 파악 외에도 매설 계측기의 생존율 및 데이터의 신뢰성 검증을 위하여 수행된 것으로, 전 단면의 모든 변형률계와 토압계에 대해서 시험이 수행되었다.

* 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 과제연구원
 ** 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원
 *** 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 연구원

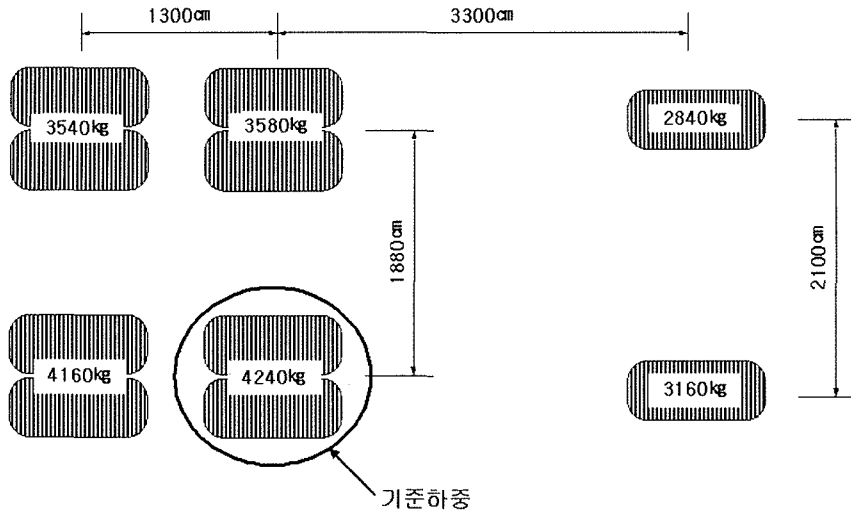


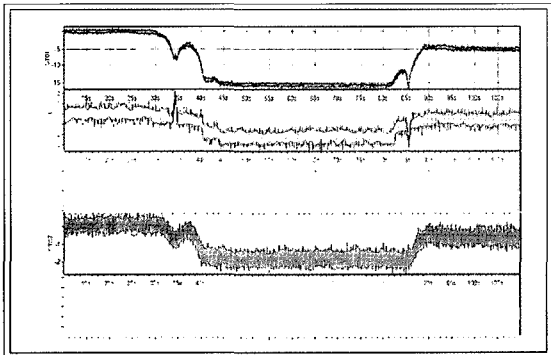
그림 1. 하중재하트력의 제원 및 운하중

그림 2는 정적하중재하시험 결과이다. 변형률계 계측결과 데이터는 위로부터 콘크리트 슬래브의 상부, 중간, 하부, 린콘크리트 보조기층의 상부, 하부에 매설된 콘크리트 변형률값을 각각 보여주고 있다. 그림과 같이 콘크리트 슬래브와 린콘크리트 보조기층에서 하중에 의한 깊이별 압축(그래프 상에서 아래 방향)과 인장(그래프 상에서 위방향) 변형률이 뚜렷이 나타남을 알 수 있다. 토압계 계측결과는 쇄석기층의 상단과 동상방지층 상단에 매설된 토압계의 계측결과이다. 토압계 역시 하중분포상태를 확연히 보

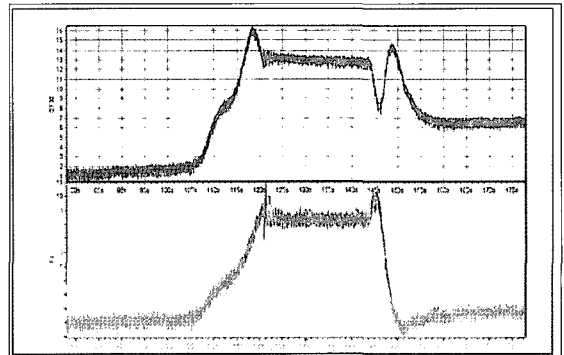
여주고 있다.

3.2 아스팔트포장

아스팔트포장은 콘크리트포장에 비해 상대적으로 재료물성의 변화는 심하지만, 거동자체는 단순하므로, 변형률계와 토압계 2가지를 이용하여 거동을 측정하였다(이외에 부분적으로 다층변위계가 매설되어 있다). 시험 방법에 있어서 포장체에 발생하는 크리프가 매우 크기 때문에 초기계측에서 정적하중재하



(A) 콘크리트-변형률계



(B) 콘크리트-토압계

그림 2. 정적하중재하 시험결과

시험은 수행하지 않았다.

4. 동적하중재하시험

4.1 콘크리트포장

콘크리트포장 구간의 동적하중재하시험에는 정적하중재하시험과 동일한 하중조건을 갖는 차량이 사용되었다. 본 시험에 들어가기 전에 계측기의 반응 및 주행속도, 이격거리의 정도에 관한 결정을 위하여 다양한 예비시험을 수행하였다. 차량의 진행시에 발생하는 계측기 중심에서의 이격거리를 측정하기 위

하여 계측기 매설라인 전·후에 고무판을 설치해 이격거리를 측정하였고, 차량의 주행속도는 가속거리를 고려하여 50km/h로 결정하였다.

콘크리트포장의 동적하중재하시험 결과 데이터는 그림 4와 같다. 정적하중재하시험과 마찬가지로 깊이별 압축-인장 변형률의 발생 분포는 명확하게 나타났다. 토압계 또한 축별 수직압의 변화를 명확히 나타냈다.

4.2 아스팔트포장

아스팔트 포장의 경우는 속도에 따른 계측기의 반응값 차가 크기 때문에 초기계측에는 20km/h와

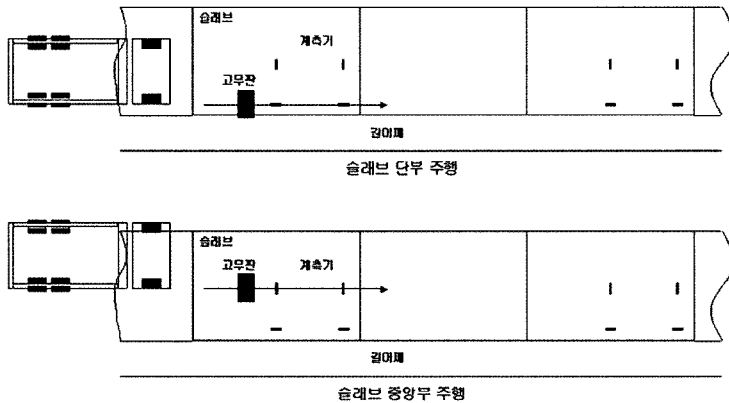
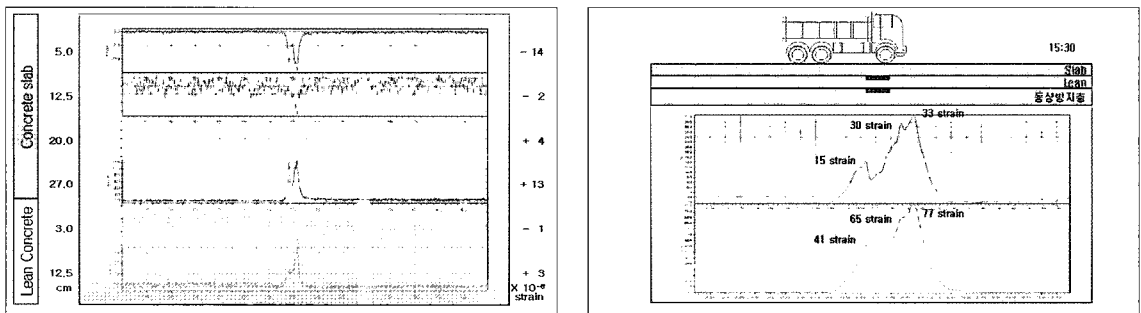


그림 3. 동적하중재하시험 주행 경로(콘크리트포장)



(A) 콘크리트 변형률계

(B) 콘크리트 토압계

그림 4. 콘크리트포장구간 동적계측 시험 결과

40km/h 2개의 속도값을 사용하였다. 동적하중재하시험은 휠패스를 따라 2개의 속도로 3번 반복시험하고, 1m 이격된 중앙부를 따라 2개의 속도로 3번 반복시험이 수행되어 단면당 총 12번의 시험이 수행되었다.

변형률계의 동적하중재하시험은 아스팔트포장 구간의 33개 단면 중에서 두께변수와 재료변수, 표층 재료변수를 고려하여 총 9개 단면에서 수행되었다. 토압계의 경우는 매설된 모든 단면에서 동적하중재하시험이 수행되었다.

그림 6의 (A)는 표층에 매설된 아스팔트 변형률계의 반응값을 보여준다. 실제하중은 휠패스쪽에 매설된 계측기 위로 진행하였으며, 50cm 간격으로 도로 중앙부쪽으로 두 개의 계측기가 매설되어 있다. 휠패스쪽에 매설되어있는 계측기(ASG 104)에서는 압축

응력이 발생하며, 일정간격 이격된 두 개의 계측기(ASG 105, ASG 106)에서는 인장응력이 발생하여 Top-Down 균열의 발생 가능성을 보여주고 있다. 그림 6의 (B)는 토압계의 반응값을 보여주는 것으로 차축의 형상 및 깊이에 따라 수직응력이 줄어드는 모습을 볼 수 있다.

5. FWD충격하중재하시험

5.1 콘크리트포장

콘크리트포장 구간에는 각 슬래브당 4개의 지점에 변형률계가 매설되어 있다. 그 지점은 각각 슬래브의 중앙과 줄눈쪽 단부, 길어깨쪽 단부, 모서리이다.

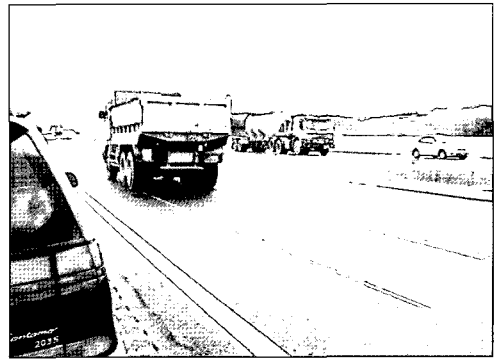
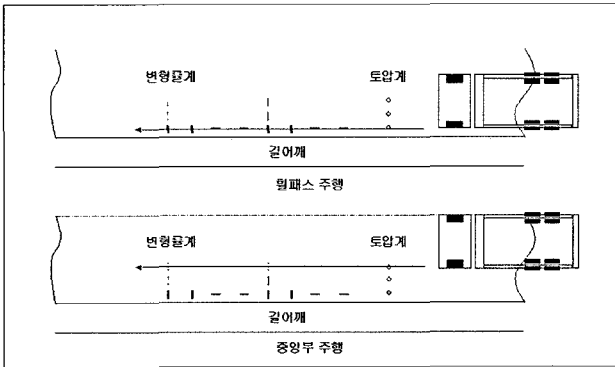
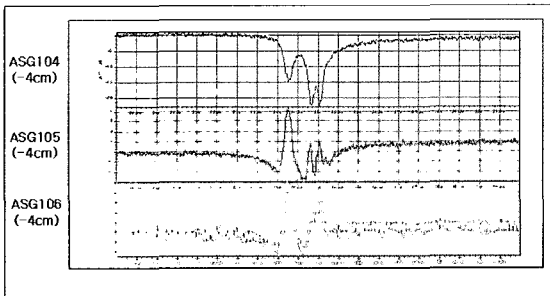
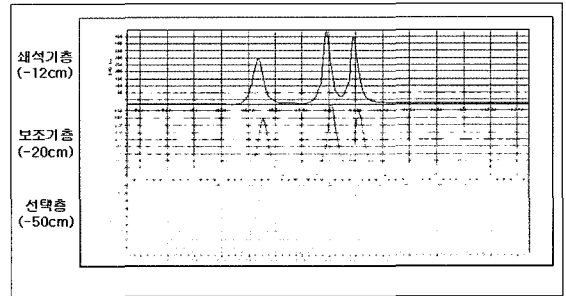


그림 5. 동적하중재하위치 및 모습



(A) 아스팔트-변형률계



(B) 아스팔트-토압계

그림 6. 동적하중재하 시험결과

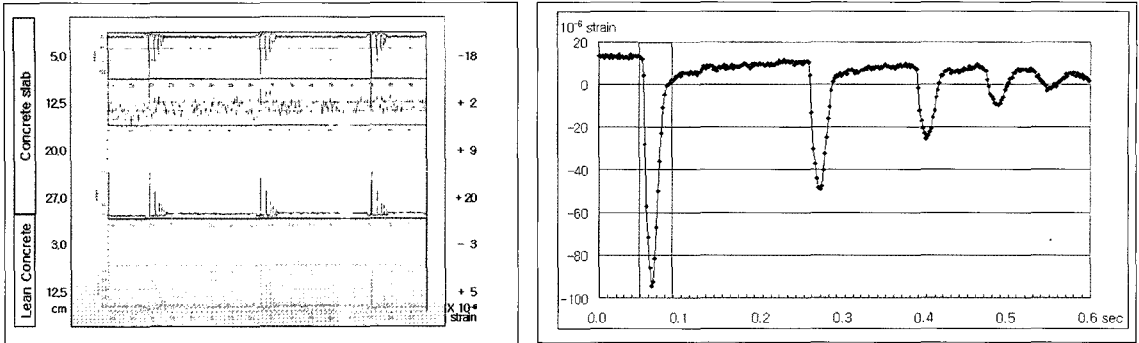


그림 7. 콘크리트포장의 FWD 시험결과(변형률계)

FWD 충격하중재하시험은 각 슬래브의 4개 위치와 슬래브 중앙에 매설된 토압계 위치에서 수행되었으며, 계측데이터는 센서 위치의 깊이방향에 매설된 각 층의 변형률계 데이터를 모두 수집하였다. 하중의 크기는 콘크리트 슬래브의 강성을 고려하여 3단계(18 Kips)로 설정하였다.

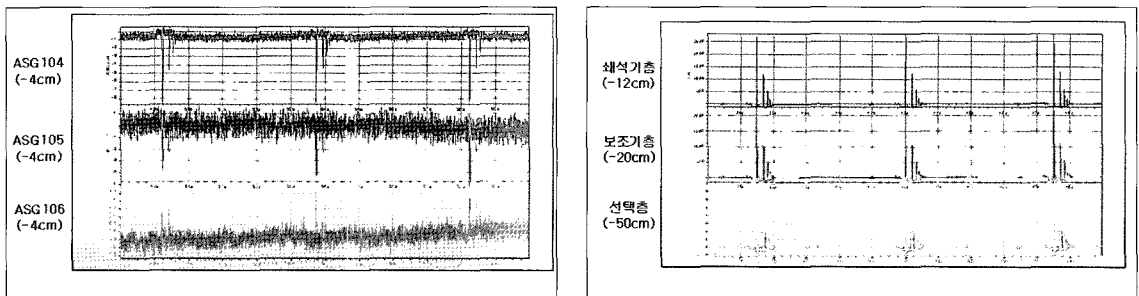
FWD 충격하중재하시험은 정적하중재하시험과 마찬가지로 계측신호의 이상이나, 신호 정상 여부를 파악할 수 있는 자료가 되기 때문에 전단면의 모든 센서에 대해 시험을 수행하였다.

5.2 아스팔트포장

아스팔트포장 구간의 FWD 충격하중재하시험은 콘크리트포장 구간에서와는 다른 목적을 가지고 수

행되었다. 아스팔트포장의 경우는 하중반복에 따른 크리프가 발생하기 때문에 변형률계가 묻힌 각 지점 마다의 하중재하에 따른 포장거동을 정확히 측정하는 것이 어렵다. 따라서, 앞서 설명한 바와 같이 변형률계 각 세트가 층마다 엇갈리게 배치되어 있다는 점을 고려하여 시험을 실시하였다. 시험에 사용된 충격하중은 포장층의 강성을 고려하여 콘크리트포장에서 사용하던 것보다 적은 1, 2단계(12000lb, 15000lb)를 사용하였으며, 각 단계마다 3회씩 반복하여 하중을 재하하였다.

FWD 충격하중재하시험은 계측신호의 이상이나, 신호 정상 여부를 파악할 수 있는 자료가 되기 때문에 변형률계의 경우 선택층 생략구간을 제외한 전단면에서 토압계의 경우 계측기가 매설된 모든 단면에서 시험이 수행되었다.



(A) 아스팔트-변형률계

(B) 아스팔트-토압계

그림 8. FWD하중재하 시험결과

그림 8의 (A)는 FWD충격하중재하시험을 통해 얻은 표층에 매설된 변형률계의 반응값이다. 하중은 ASG104에 재하되었으며, 여기서 50cm 떨어진 ASG105에서는 약간의 압축이, 1m 떨어진 ASG106에서는 인장응력이 발생하는 것으로 나타났다. 그림 8의 (B)는 토압계의 반응값으로 깊이별로 측정된 수직압이 선택층에서는 쇄석기층보다 1/4가량으로 줄어드는 것으로 나타났다.

6. 환경하중재하시험

환경하중재하시험은 교통하중을 재하하지 않은 상태에서 포장체의 거동을 측정하는 것으로 콘크리트 포장의 균열변위계를 이용한 슬래브의 컬링 거동과 줄눈 거동을 계측한 것이다. 줄눈부에 설치된 줄눈 변위계와 길어깨쪽 단부에 설치된 컬링변위계에 대하여 7일 이상의 연속적인 계측을 실시하였으며, 그 결과는 다음의 그림 9와 그림 10과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 온도패턴에 대하여 명확한 거동을 나타낼 수 있다. 줄눈변위계는 줄눈의 상부와 하부 각각 길어깨측과 측대측에 거치하였으며 상부와 하부의 거동에 대한 실제 계측결과에서도 최대 벌어짐과 닫힘 시각이 슬래브의 깊이별 온도 변화와 상관관계를 유지하며 나타났다. 즉, 하부의 꼭지점이 상부의 꼭지점에 비하여 2 내지 2.5시간

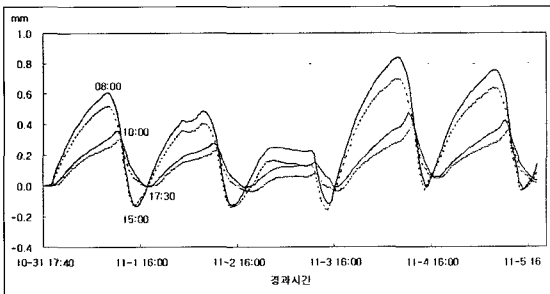


그림 9. 줄눈변위계 계측 결과

늦게 발생되었는데 이는 포장체 내부로의 열전달 속도차에 의한 최대온도시각의 차이와 유사한 것으로 나타났다.

컬링변위계는 길어깨쪽 슬래브 단부에서 슬래브당 7개의 계측기를 린콘크리트 보조기층 상부와 슬래브 하부에 거치하여 린콘크리트 보조기층에 대한 슬래브의 상대수직변위를 측정할 수 있도록 하였다. 컬링 변위계의 변위량을 살펴보면, 줄눈부에 가까울수록 중앙부보다 변위량이 커지는 것으로 나타났다.

7. 결론

시험도로 운영은 2002년 시험도로 건설이후 1900 여개의 계측기 및 수동계측을 위한 데이터 획득 시스템, 자동계측시스템, 고속측정계시스템, 기상관측시스템 등 향후 장기간에 걸친 정기계측을 위한 인프라 구성에 초점을 두었으며, 구축된 각종 시스템들에 대한 선행시험 및 모든 계측기들에 대한 개별 초기계측 데이터 획득에 중점을 두고 연구가 진행되었다. 현재 중부내륙고속도로내에 있는 시험도로는 일반 교통의 진입이 제한된 상태이며 2004년 3월경에 전반적인 시스템에 대한 최종 점검을 마친 후 일반 교통에 대하여 개방될 예정이다.

현재 한국도로공사 도로교통기술원에서는 시험도로에서 향후 발생될 각종 계측 데이터들에 대하여 건

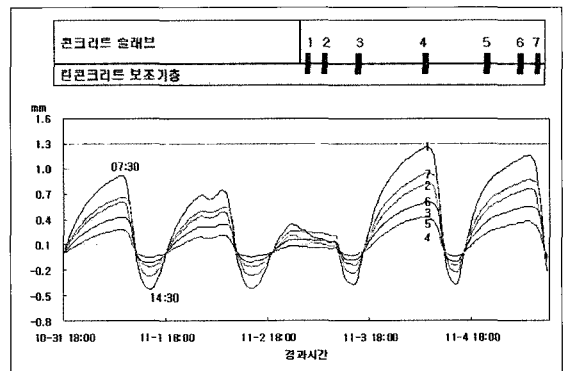


그림 10. 컬링변위계 계측 결과

설교통부 국책과제 “한국형 포장설계법 개발 및 포장 성능 개선방안 연구”와 연계하여 데이터획득 방법 및 데이터형식의 적절성 등에 대하여 논의 중에 있으며 2004년 초기에는 이에 대한 검토가 마무리될 것으로 예상하고 있다. 따라서, 2004년 정기계획작성

행이후 시험도로에서 발생하는 데이터들을 활용하여 한국형 포장 설계법 개발에 필요한 각종 모형 검증은 물론 다양한 도로포장 연구분야에서 새로운 연구가 창출될 것으로 기대한다.

회 원 가 입 안 내

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

사업내용

- 포장공학에 관한 국내외 기술교류와 공동연구
- 포장공학에 관한 조사연구와 성과의 보급
- 포장공학에 관한 자문, 평가 및 교육
- 포장공학에 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 : 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 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 : 10,000원(대학 및 전문대학생에 한함)
 ③ 특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상
 2급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 5만원

입회신청

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

회비납부(가입회원명으로 입금)

한미은행 : 102-53510-243 (사)한국도로포장공학회

사무국 : 우)135-703, 서울특별시 강남구 역삼동 635-4 한국과학기술회관 본관 801호

전화 : 02-558-7147~8 전송 : 02-558-7149

E-mail : kospe@hanmail.net

http://www.kospe.re.kr

사단법인 **한국도로포장공학회**