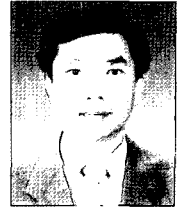


공용중인 교량 바닥판의 손상원인 및 유지보수 방안



김기현 | 정회원 · (주)삼우아이엠씨 대표이사(토목시공기술사 · 토목품질시험기술사)

1. 서론

1990년대 초에 발생한 팔당대교, 성수대교 등의 붕괴로 인하여 교량의 유지관리에 대한 중요성을 인식하여 1995년에 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”이 제정되었다. 이때부터 교량에 대한 적극적인 유지관리 및 안전관리가 수행되었으며, 많은 연구를 통해 보다 체계적인 유지관리 시스템이 구축되고 있다.

그림 1과 2는 고속국도의 1999년부터 2002년까지 교량의 각 부재에 대한 수선유지 건수 및 비용을 분석한 그래프로써, 교량 바닥판의 유지관리를 위한 수선유지비가 전체의 약 40%에 달하는 것으로 그

중요성을 나타내고 있다.

이와 같이 교량 바닥판에 높은 수선유지비용이 발생하는 원인은 표 1에 나타난 고속국도 교량의 바닥판 보수 및 교체 주기를 살펴보면 좀 더 명확해진다. 교량 바닥판의 교체 주기는 평균 27~29년으로 일반적으로 알려진 교량의 수명인 50년에 크게 못 미치는 것을 알 수 있으며, 교량 바닥판 보수의 경우 아스팔트 콘크리트 교면포장에 적용되는 시트방수, 도막방수는 빠르면 2~4년, 평균 6년마다 보수가 실시되고 있다.

방수층의 보수는 그 구조적 특성상 아스팔트 콘크리트 교면포장의 재포장을 의미하는 것으로, 아스팔트 콘크리트 교면포장의 보수주기와 일치한다고 볼

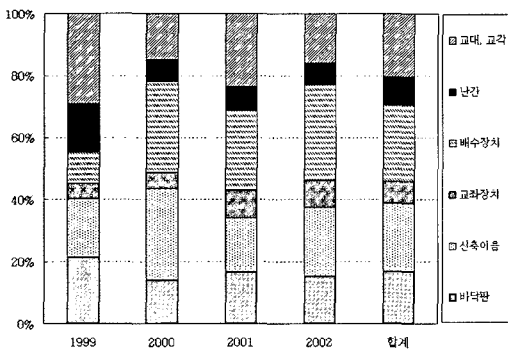


그림 1. 고속국도의 연도별 수선유지 건수

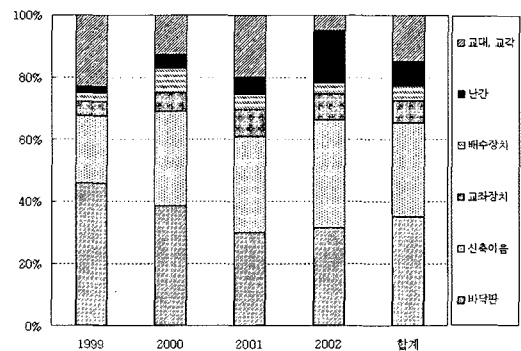


그림 2. 고속국도의 연도별 수선유지 비용

표 1. 고속국도 바닥판 콘크리트의 보수 및 교체 주기

대분류	중분류	주 기 (년)					
		공용 후 최초 보수 · 보강			재보수 · 보강		
		최소	평균	최대	최소	평균	최대
교체	강박스거더교	20	29	50	20	28	32
	강플레이트거더교	20	28	50	6	27	32
보수	수지주입	3	11	20	6	11	19
	폴리머모르타르보수	5	12	30	8	13	30
	시트 방수	2	6	19	4	6	10
	도막 방수	2	6	20	4	6	10

수 있다. 또한 수지 주입 및 모르타르 보수 역시 그 보수 주기가 3~8년 사이에 이루어지고 있어 교량 바닥판의 높은 수선유지비는 교면포장 또는 방수층의 잦은 보수가 그 원인임을 알 수 있다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 교량 바닥판 또는 교면포장의 손상 원인을 철저히 분석하고, 고내구성을 지닌 보수재료를 사용하여 보수재료의 장수명화를 꾀하는 방안을 마련해야 할 것이다.

2. 교면포장의 손상 원인

교면포장의 주요 손상 원인은 크게 구조적 요인에 의한 손상, 교면포장 재료에 기인한 손상, 시공 불량 등에 의한 손상 등으로 분류할 수 있으며, 일반적인 손상 유형을 다음 사진 1에 정리하였다.

- 중차량 통행에 따른 소성변형과 충격에 따른 손상 : 윤하중의 편칭전단파괴
- 결빙 방지를 위한 제설제의 살포 : 염해로 인한 철근 부식 및 균열 야기
- 동결의 영향 : 한랭지에서 포장체 내에 침투한 수분이 동결융해되면서 동상을 받게 되는 영향
- 방수층 재료의 부적합 및 시공불량 : 수분 및 염화물의 침투로 철근 부식과 균열 야기
- 반복적인 재포장으로 인한 방수층 파손 : 수분 및

염화물의 침투로 철근 부식과 균열 야기

- 교량의 형식에 따른 교량의 경간장 : 장대교량의 경우 처짐, 진동에 대한 영향
- 해당 지역의 심한 기후 변화 : 일년중 온도변화의 최고값과 최저값

이와 같은 원인들이 단독 또는 복합적으로 작용하여 교면포장의 손상을 야기한다.

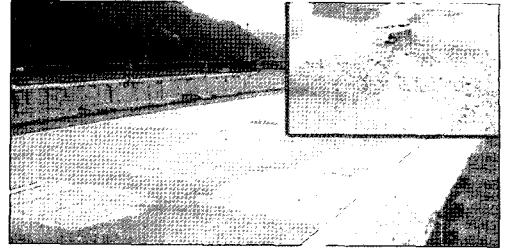
3. 교면포장의 손상 유형

교면포장의 파손 유형은 다음과 같으며, 사진 1에 파손 유형의 실례를 나타내었다.

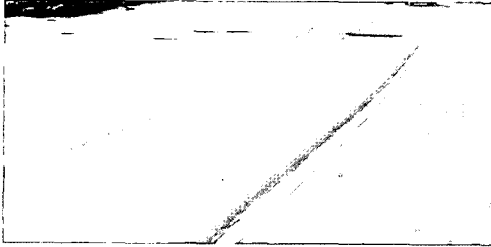
- 소성변형 : 중차량 및 교통량의 증가로 인한 포장재료 자체의 결함으로 상대적으로 강성이 낮을수록 쉽게 발생되며, 바퀴자국 패임, 밀림 등의 형상이 나타난다.
- 균열 : 바닥판의 진동 및 팽창과 수축, 바닥판 콘크리트 균열의 반사 등으로 인하여 피로균열, 종 · 횡방향 균열이 발생한다.
- 포트홀 : 균열을 통한 수분의 침투, 배수시설의 기능결함, 방수층의 기능상실 등에 의하여 아스팔트 혼합물



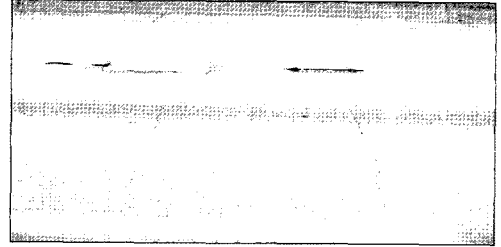
교면포장에 발생한 포트홀



노출 바닥판콘크리트의 표면박리



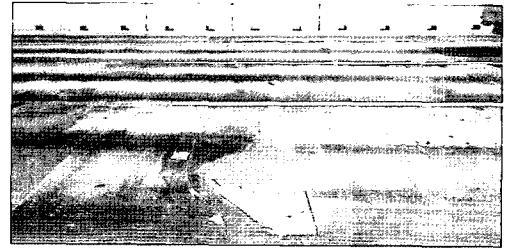
아스팔트 콘크리트의 소성변형



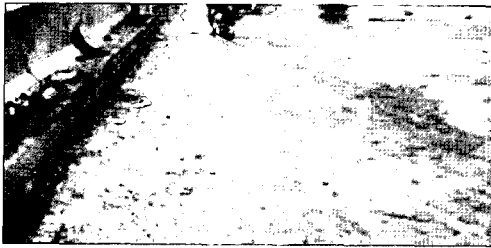
교통하중 및 재료적 요인에 의한 균열



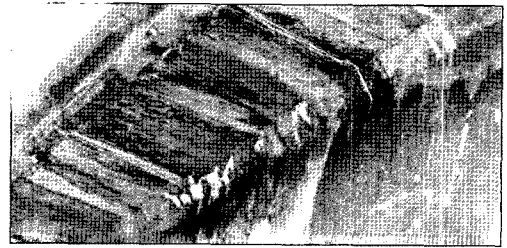
교면포장에 발생한 편칭 호울



교면포장의 박리·박락



염화물에 의한 바닥판의 열화



균열로 인한 누수 및 백태 발생



방수층의 기능 상실 및 체수



거북등 균열 발생

사진 1. 교면포장의 손상 유형

이 떨어져 나가 흠이 패이는 형상으로 나타난다.

· 표면박리

동결기 결빙방지를 위한 제설제의 살포 및 동결융해에 의하여 노출 바닥판 콘크리트에 박리·박락이 발생한다.

이 외에도 방수층의 들뜸, 부풀음에 의한 요철 발생, 접착재의 부적절한 시공으로 인한 교면포장의 들뜸, 방수층의 물고임, 골재마모에 의한 미끄럼저항성 감소 등의 손상이 발생하기도 한다.

4. 기존 교면포장의 보수 공법

4.1 아스팔트 덧씌우기 공법

아스팔트 덧씌우기 공법은 기존 포장의 기능 회복 외에도 노면의 마모, 노화 및 평탄성 개선, 균열을 통한 이물질 침투 방지 등을 목적으로 한다. 아스팔트 덧씌우기는 노면의 높이 상승으로 인한 배수 등의 문제로 기존교면을 일정한 두께로 절삭한 후 필요에 따라 초속경계열의 재료로 부분 보수와 방수를 하고 아스팔트로 재포장하는 절삭 덧씌우기 공법을 적용하기도 한다. 아스팔트 덧씌우기는 시공이 빠르고, 부분 및 전면 공사가 가능하며, 공사비가 저렴하다는 특징이 있다. 하지만 러팅이 발생하거나 방수층 시공이 불량할 경우 보수 주기가 잦아지며, 노화 및 열화가 심한 교량에 적용할 경우 교량의 손상을 촉진시킬 수 있다.

이에 따라 기존 아스팔트 콘크리트에 굵은골재 함유율을 높여 골재간의 맞물림에 의해 소성변형을 막고, 골재 박리와 내구성 저하를 최소화한 SMA(Stone Mastic Asphalt), 아스팔트 혼합물과 폴리머를 첨가하여 아스팔트 바인더의 물성을 개선시킬 수 있으므로 내구성 및 러팅 등의 저항성을 개선시킨 PMA(Polymer Modified Asphalt) 등 기존의 아스팔트 콘크리트 문제점을 보완한 재료들을 이용한 공법들이 적용되고 있다. 그림 3과 4는 일반 아스팔트

콘크리트와 SMA의 교통하중에 대한 기본개념과 골재의 입도특성을 나타낸 것이다.

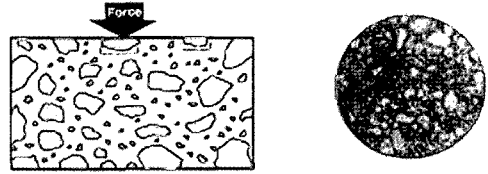


그림 3. 아스팔트 콘크리트의 기본개념



그림 4. SMA(Stone Mastic Asphalt)의 기본개념

4.2 폴리머콘크리트 박층포장 보수공법

폴리머콘크리트 또는 레진콘크리트 박층포장 보수 공법은 브렘머(Blemme)계열, 에폭시계열, 우레탄계열 등의 수지를 바인더로 하고, 자갈, 규사, 규산 특분 등을 배합한 폴리머콘크리트를 이용하여 바닥판 콘크리트 상면에 1~2cm 덧씌우기 하는 공법으로 저점도로 시공성이 우수하고 경화시간이 짧아 조기 교통개방이 가능할 뿐만 아니라 부착강도 및 수밀성이 우수한 공법이다. 폴리머콘크리트를 이용한 보수의 구성은 재료에 따라 약간 상이하나 일반적으로 그림 5와 같이 구성되어 있다. 그리고 시공절차

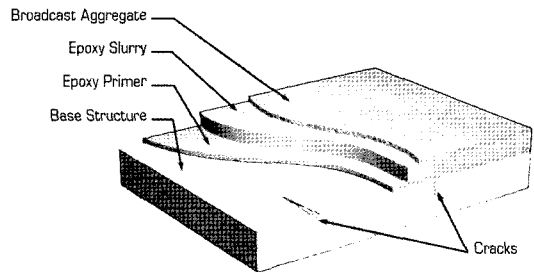
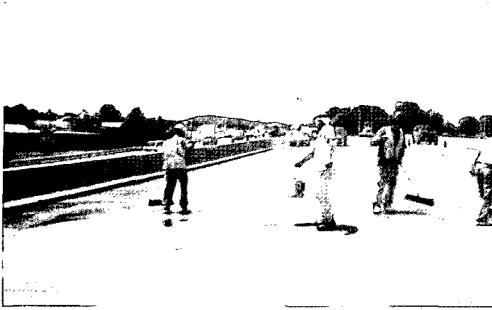


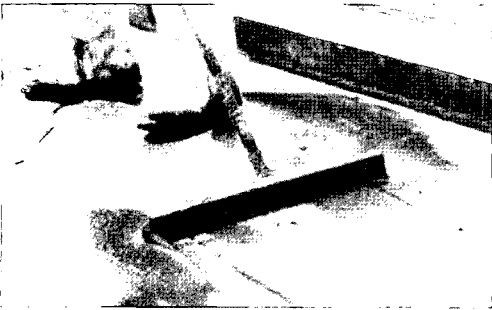
그림 5. 폴리머콘크리트 보수공법의 기본구성



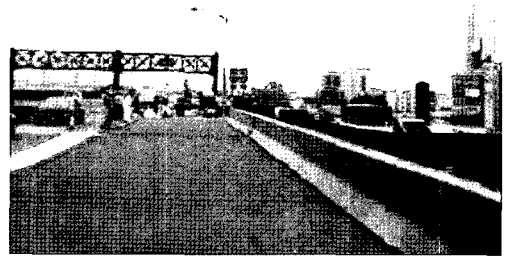
프라이머 도포



폴리머콘크리트 생산



폴리머콘크리트 박층 포설



폴리머콘크리트 시공 후 전경

사진 2. 폴리머콘크리트 박층 포장보수 공법 시공절차

는 사진 2와 같다. 이러한 폴리머콘크리트는 기존 바닥판 콘크리트와 이질재료로 수축·팽창 등이 상이함에 따른 균열발생 또는 탈리, 시공품질의 균질성 확보가 어려움 등의 문제점을 지니고 있어서 시공상에 많은 주의가 필요하다.

4.3 그 외 교면포장 보수공법

이 외에도 에폭시를 이용한 균열 보수공법과 폴리머콘크리트 또는 초속경시멘트 콘크리트를 이용한 부분보수공법 등이 있다.

교면포장의 균열 보수공법은 염화물이나 수분의 침투경로가 되는 균열을 에폭시를 사용하여 주입 또는 충전하는 공법으로 접착강도가 크고 경화 시 거의 수축하지 않는 에폭시를 사용함으로써 내력 복원 및 내구성 저하 방지, 수밀성 확보 등을 기대할 수 있는 공법이다.

폴리머콘크리트나 초속경콘크리트를 이용한 부분 보수공법은 노출 바닥판콘크리트 보수에 적용되는 공법이다. 균열이나 손상 입은 콘크리트 부위만 절삭한 후 초속경콘크리트를 이용하여 보수하는 공법으로, 줄눈 보수공법이나 부분 보수공법은 시간과 비용이 적게 소요되는 반면 보수 후 주행성 및 미관을 해칠 우려가 있다.



사진 3. 폴리머콘크리트 부분보수공법

5. 최근의 교면포장의 보수공법

5.1 VES-LMC 공법개요 및 특징

VES-LMC 공법은 VES-LMC(Very-Early-Strength Latex-Modified Concrete: 초속경 라텍스 개질 콘크리트)의 조기강도 발현, 부착력, 수밀성, 균열저항성, 내구성 등의 우수한 특성을 이용하여 기존 교량 바닥판 콘크리트 열화부분과 부착력을 저해하는 요인을 제거하고, 현장에서 생산, 포설, 마무리, 양생하여 손상된 교량 바닥판을 보수하고 교면을 재포장하기 위한 공법이다. 공법의 주요 적용 대상은 우회도로 건설이나 장기간 교통차단이 불가능한 아스팔트 콘크리트 교면포장 및 노출 바닥판 콘크리트 교량, 콘크리트 포장도로 등이며, 바닥판 보수와 교면 재포장을 동시에 실시하는 공법이다.

특히, 공사시간이 주로 교통량이 적은 야간이나 낮 시간에 실시하며, 8~10시간 동안 부분 교통 통제된 상태에서 보수와 재포장을 완료할 수 있으므로 교통 이용자의 불편과 사용자 부담비용을 최대한 줄일 수 있고 도로의 주행성과 교량 바닥판의 구조기능을 유지할 수 있으며, 교량의 공용수명을 증진시킬 수 있는 공법이다.

VES-LMC 공법의 특징은 표 2와 같다.

표 2. VES-LMC 공법 특징

구 분	특 징
주 행 성	노후, 손상된 교량을 보수하는 동시에 재포장하여 주행성을 회복· 유지하는 공법
교통개방성	1차선 전폭을 보수하며 8~10시간 이내에 교통개방이 가능한 공법
보수·보강성	부착력이 향상되어 기존 바닥판 콘크리트와 일체화 되어 교량 바닥판 콘크리트의 보수·보강효과가 우수한 공법
내 구 성	교량의 내구수명을 증진시키는 공법

5.2 VES-LMC의 시공절차

VES-LMC의 시공절차는 사진 3과 같으며, 각 시공단계별 공법설명은 다음과 같다.

1) 교면포장 및 바닥판 콘크리트 절삭

기존의 교면포장과 바닥판 콘크리트는 노면파쇄기와 워터젯트를 이용하여 절삭을 실시하며, 두 장비를 조합함으로써 절삭 시 작업효율을 극대화할 수 있다. 난간방호벽이나 중앙분리대 부근은 장비를 이용한 절삭이 난이함에 따라 인력 브레이커를 이용하여 절삭하기도 한다. 워터젯트는 손상된 바닥판콘크리트를 선택적으로 절삭함과 동시에 철근 아래의 열화된 부분까지 제거가 가능함으로써 VES-LMC의 부착강도 증진과 교량의 구조 기능회복에 기여한다.

2) 절삭 폐기물 청소 및 표면건조포화상태 유지

절삭폐기물의 처리는 스키드로더와 진공흡입트럭을 이용하여 실시하며, 고압살수 및 진공흡입청소를 통하여 절삭 폐기물과 고인 물을 완전히 제거하여 표면건조포화상태를 유지시킴으로써 VES-LMC의 부착강도를 증진시킨다.

3) VES-LMC 생산

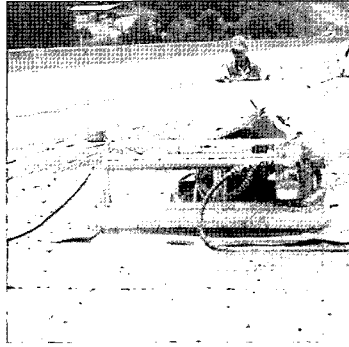
VES-LMC는 이동식 모빌믹서에 의하여 생산된다. 이동식 모빌믹서는 생산에 필요한 VES시멘트, 라텍스, 골재 등을 각각 적재하여 현장에서 배합, 생산하는 장비로 모빌믹서의 자동 계량에 의한 균일한 품질 확보가 가능하고 연속적인 생산으로 초속경 성질을 갖은 VES-LMC의 시공이음 발생을 방지할 수 있다.

4) 브루밍 작업

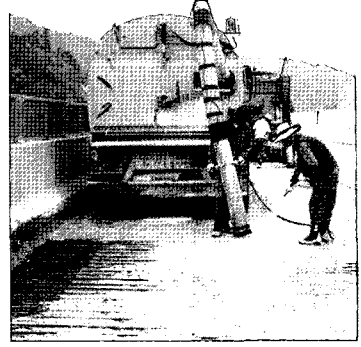
브루밍 작업이란 VES-LMC 포설 전에 특수 제작한 솔을 이용하여 VES-LMC 모르타르를 기존 바닥판에 얇게 도포하는 작업을 말한다. 브루밍 작업은 기존 바닥판의 요철면에 골고루 모르타르를 입힘으



① 1차 절삭(노면파쇄기)



② 2차 절삭(워터제트)



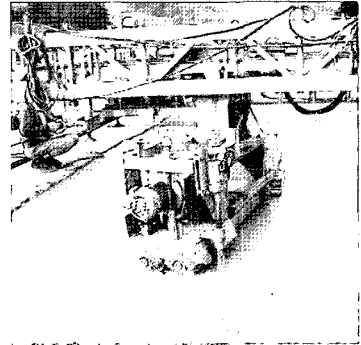
③ 절삭 폐기물 청소



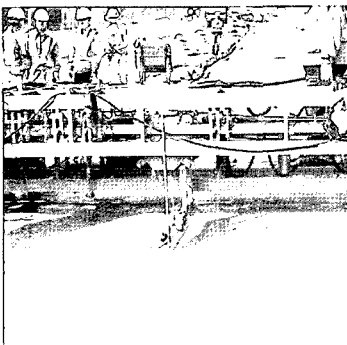
④ VES-LMC 생산(모빌릭서)



⑤ 브루밍 작업



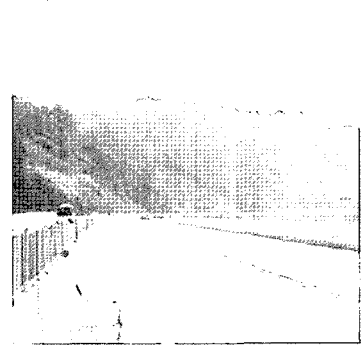
⑥ 포설 및 마무리



⑦ 타이닝 작업



⑧ 양생(습윤양생)



⑨ 교통개방

사진 3. VES-LMC의 시공 절차

로 VES-LMC와 기존 바닥판 콘크리트의 부착력을 증진시킬 수 있다.

건에 따라서 트러스 스크리드 또는 콘크리트 로울러 페이버를 이용하여 포설·마무리 한다.

5) 포설 및 마무리

VES-LMC의 포설, 마무리는 포설 폭이나 현장여

6) 타이닝 작업

VES-LMC의 표면 마무리가 완료되면 즉시 조면

마무리기기를 이용하여 타이닝을 실시한다.

7) 양생

양생은 타이닝 후 즉시 피막양생제를 골고루 살포하며, 젖은 양생포를 덮어 3~4시간 습윤양생을 실시한다.

8) 교통개방

VES-LMC 포설 · 마무리 후 3~4시간에 압축강도 21MPa (210kgf/cm²) 이상 발현됨으로써 최소한 3~4시간동안 양생하면 교통을 개방할 수 있다.

교통차단 시간의 제한, 포장보수방법의 한계로 인하여 국부적인 패칭보수 또는 아스팔트 질삭 덧씌우기에 의존하고 있다. 그러나 교면포장 파손의 주된 원인은 교량 바닥판의 열화에 의한 것으로, 열화·손상된 바닥판을 제거한 후 보수하지 않는다면 오히려 교량의 열화 속도를 증가시킬 뿐만 아니라 유지관리 빈도 및 비용이 점차 증가하게 된다.

본 논문에서는 이와 같이 열화된 바닥판 콘크리트를 보수·보강하고 전면 재포장할 수 있는 공법으로서 아스팔트 덧씌우기 공법, 폴리머콘크리트 박층포장보수 공법 및 VES-LMC 공법 등에 대해 살펴 보았다.

6. 맺음말

우리나라의 주요 간선도로는 대부분 구축되었으며, 일부 간선도로는 20~30년 이상 공용됨에 따라 유지 보수의 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 국내의 도로관련 연구도 유지보수 분야로 그 비중이 점차 늘어나고 있다.

교량 상부구조의 유지보수 공사는 교통차단폭과

참고문헌

1. “고속도로 교량의 구성요소별 생애주기비용(LCC) 분석 연구”, 한국도로공사, 2002.
2. “교량현황조사”, 건설교통부, 2003.
3. “Materials and Procedures for Rapid Repair of Partial-Depth Spalls in Concrete Pavements”, FHWA-RD-99-152, 1999.

학회지 광고접수 안내

본 학회지에 게재할 광고를 모집합니다. 우리 학회지는 계간으로 매회 1,800부를 발간하여 회원과 건설관련 기관에 배포하고 있습니다. 회사 영업신장과 이미지 제고를 원하시는 업체는 우리 학회지를 이용하시기 바랍니다.

광고료 : 표 2, 표 4(300만원)

표 3, 간지(200만원)

※ 상기금액은 연간(4회)광고료임.

사단법인 **한국도로학회**

전화 (02) 558-7147 전송 (02)558-7149