

예방적 유지보수를 위한 새로운 아스팔트 포장공법 (초박층 폴리머 슬러리실 공법)



박 태 순 | 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수

1. 머리말

국내의 전형적인 아스팔트 포장의 유지보수 방법은 아스팔트 덧씌우기이다. 아스팔트 덧씌우기는 필요에 따라 기존 표층을 약 5cm 절삭 후 재포장을 실시하는 방법을 사용하여 왔다. 아스팔트 덧씌우기는 별도의 설계과정이나 구조적인 검토없이 손쉽게 수행할 수 있다는 장점은 있으나 교통체증과 반복적인 덧씌우기 시공으로 주변 구조물과의 단차를 발생시켜 왔다. 더욱이 일부 도로는 구조적으로 안정함에도 불구하고 아스팔트 덧씌우기를 사전검토 없이 적용함으로 인하여 효율적이며 경제적인 유지보수 공법의 개발이 요청되어 왔다. 초박층 폴리머 슬러리실 포장 공법(이하 '초박층 포장')은 이러한 요청을 해결할 수 있는 유지보수 공법의 한 종류로 기대되고 있다. 초박층 포장을 적용함으로써 포장파손을 지연시키며 공용수명을 연장함은 물론 도로 포장의 기능적 조건 유지 및 향상되는 것으로 보고되고 있다(Prithvi S. Kandhal and Larry Lockett, 1997). 국내에서는 예방적 유지보수와 초박층 포장이 아직 생소한 공법이지만 유지보수 공법의 다양화 특히, 경제성을 고려할 때 적극적 실시가 필요하다. 본고에서는 예방적 유지보수에 대한 정의와 예방적 유지보수 공법의 하나이며 국내 유지보수 여건상 적

합한 공법으로 평가되고 있는 초박층 포장에 관한 정의, 개요, 적용사례, 공용성능, 설계기준 및 경제성에 관하여 소개하고자 한다.

2. 예방적 유지보수

2.1 예방적 유지보수의 정의

일반적으로 유지보수는 근본적 유지보수와 예방적 유지보수(Preventive maintenance)로 나눌 수 있다. 예방적 유지보수란 구조적 성능을 유지하고 있는 도로 포장을 대상으로 추후 파손 발생 가능성을 지연시키고, 도로의 기능과 서비스 수준을 향상시키며, 도로를 보존하는데 경제적인 유지보수 처리 방법이다. 1999년 AASHTO 연구팀에서는 예방적 유지보수를 다음과 같이 표현하고 있다. "Preventive Maintenance is applying the right treatment to the right pavement at the right time"이라고 정의하고 있는데, 이는 예방적 유지보수는 포장 상태에 따라 정확한 보수공법을 적시, 적소에 적용함으로써 목적을 달성할 수 있다는 중요한 사실을 서술하고 있다. 그림 1은 근본적 유지보수 공법과 예방적 유지보수 공법을 비교한 것으로 적절한 시기의

예방적 유지관리의 효과를 보여주고 있다. 포장수명의 처음 75%는 포장등급으로는 우수(Very good)에서 보통(Fair)에 해당된다. 이후 포장의 성능은 급격히 저하되어 40%의 성능 저하는 전체 포장수명의 17%의 기간 이내에 발생한다. 그러므로 포장의 성능이 40% 이내에 유지보수를 실시함으로써 2~3년 후의 소요비용을 약 50%로 절약할 수 있다.

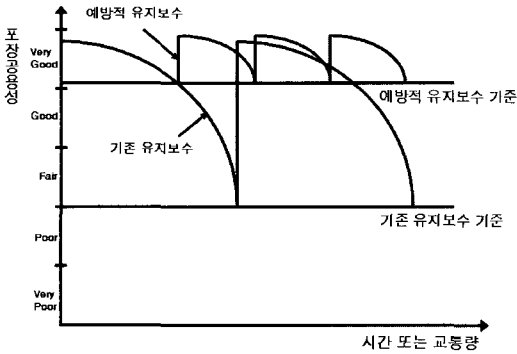


그림 1. 예방적 유지보수의 개념도

2.2 예방적 유지보수의 공법 선정

표 1은 파손형태에 따른 예방적 유지보수공법의 종류를 정리한 것이다. 초박층 포장의 경우 소성변형과 피로균열이 미미한 경우에 적용할 수 있다. Hicks 외 4인(2000)은 평탄성, 소성변형, 균열 및 표면마모에 대한 예방적 유지보수방법의 선정에 대하여 일평균교통량(ADT, Average Daily Traffic)을 기준으로 표 1과 같이 제시하였다.

표 1. 파손종류에 대한 예방적 유지보수공법 선정

파손종류	ADT 1,000 이하	1,000~5,000	5,000 이상
평탄성	칩실	폴리머 슬러리실	초박층 포장
소성변형	칩실	폴리머 슬러리실	초박층 포장
균열	균열충진 또는 칩실	균열충진 또는 칩실	초박층 포장
표면마모	포그실 또는 칩실	균열충진 또는 칩실 또는 폴리머 슬러리실	포그실 또는 폴리머 슬러리실

3. 초박층 포장

3.1 초박층 포장의 정의

초박층 포장은 예방적 유지보수공법의 하나로서 1986년에 프랑스의 SCREG Routes사에서 개발한 포장공법이다(Prithvi S. Kandhal and Larry Lockett, 1997). 초박층 포장은 일종의 슬러리실 공법으로 슬러리실에 사용되는 재료와 골재입도를 변형한 공법이다. 초박층 포장은 최대 10mm 쇄석골재, 고분자 개질 아스팔트(PG 76-22), EVA(Ethylene Vinyl Acetate)가 첨가된 섬유 첨가재를 사용하여 아스팔트 혼합물을 제조한 것이다. 초박층 공법은 기존 포장면과 초박층 혼합물의 부착력 향상을 위하여 라텍스가 첨가된 개질 유화 아스팔트를 텍코트 재료로 사용한다. 라텍스 개질 유화 아스팔트는 경화와 양생속도가 신속하기 때문에 살포와 동시에 혼합물 포설이 가능한 전용 시공장비를 사용한다. 포설두께는 1.5~2cm의 초박층으로 시공되기 때문에 양생시간 단축으로 교통의 조기개방이 가능하며 필요에 따라서는 포설두께를 증가시켜 표면처리 또는 큰 균열을 충전하는데 적용할 수 있다. 그림 2는 초박층 포장의 단면을 보인 것이며, 그림 3은 초박층 포장과 밀입도 포장의 중앙입도를 비교한 것이다. 초박층 포장의 경우 밀입도 포장보다 거친 입도를 나타내고 있다. 그림 4는 초박층 포장의 두께와 표면 사진이다.

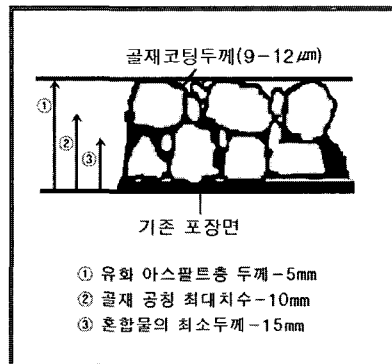


그림 2. 초박층 포장의 단면도

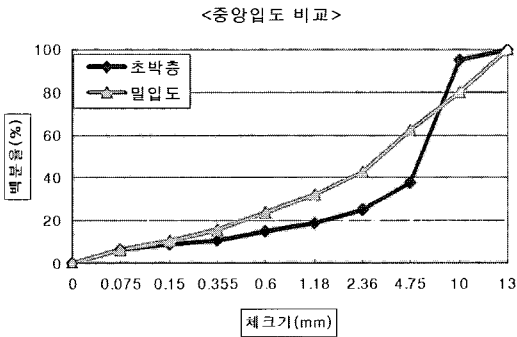


그림 3. 초박층 포장의 입도

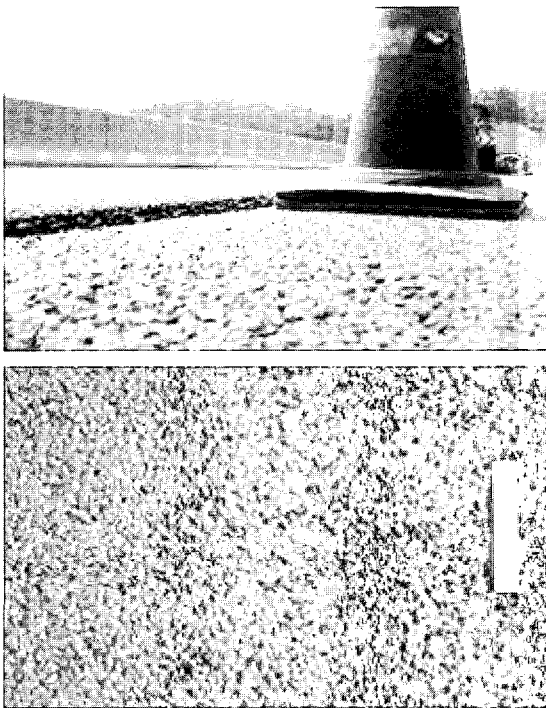


그림 4. 초박층 포장의 두께(좌)와 표면(우)

3.2 장비 및 재료

(1) 개질 유화 아스팔트와 동시포설장비

초박층 포장의 텍코팅은 라텍스가 포함된 유화 개질 아스팔트를 사용하고, 텍코팅 표면의 손상을 방지하기 위하여 초박층 혼합물과 개질 유화 아스팔트를 동시에 포설하는 동시포설 방법을 채택하고 있다. 텍코팅용 개질 유화 아스팔트와 아스팔트 혼합

물을 동시에 시공할 수 있는 유화 아스팔트 동시포설 장비(그림 5 참조)를 사용하므로 텍코팅의 방수성 및 집착성이 확보되고 수분 침투도 억제될 뿐만 아니라 균열 억제도 이루어진다.

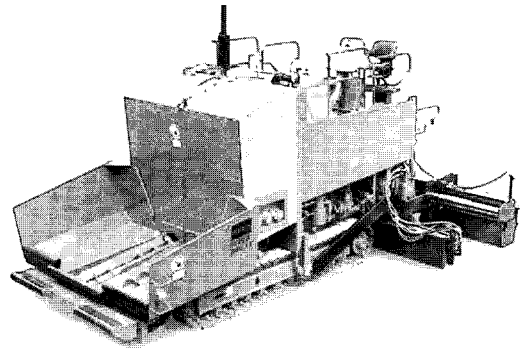


그림 5. 동시포설 장비

(2) 골재

초박층 포장은 양질의 갭입도(단입도)의 최대 10mm 쇄석골재를 사용(편장석 함량 25% 이하)한다. 갭입도를 사용하기 때문에 소음이 감소하고 미끄럼 저항성이 향상될 뿐만 아니라 쾌적한 주행성의 확보와 우천시 시인성의 개선효과를 얻을 수 있다.

(3) 아스팔트바인더

골재간 결합력을 증대시키고 아스팔트 바인더의 내구성, 감온성, 내유동성 등을 개선시키기 위해 고분자 아스팔트(PG 76-22)를 사용한다.

(4) 섬유첨가재

식물성 천연섬유(Cellulose Fiber)에 일정량의 아스팔트와 폴리머를 첨가하여 낱알 형태로 생산된 섬유첨가재는 아스팔트 함량의 극대화 및 장기수명성 향상을 위해 사용된다.

3.3 초박층 포장의 시공 순서

기존 포장면의 진흙, 먼지, 잡초 등 품질에 장애요

인을 제거하고 청소한다. 그 후 시공 전에 균열 및 골재 탈리, 소성변형 등으로 인한 기존 포장면 상태에 따라 균열부는 팻칭 또는 충전 등, 침하부는 인력 또는 소형장비로 채움작업, 소성변형부는 절삭 등 노면의 장애나 평탄성 지장이 있는 곳을 사전에 보완한다. 시공순서는 그림 6과 같다.

만족시키고 있는 것으로 조사되었다(British Board of Agreement, 2000). 표 2는 국외 나라별 적용현황을 요약한 것이며, 그림 7과 그림 8은 초박층 포장 시공된 도로의 사진이다.

4. 국내·외 적용사례

4.1 국외

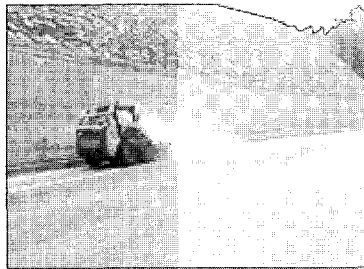
미국은 초박층 포장을 텍사스, 뉴저지, 라스베거스 등 38개 주 41,500,000m² 이상에 시공하였고, 영국에 런던 근교의 고속도로 등 1,200,000m²에 시공하였다. 그 외에 네덜란드 680,000m², 노르웨이 240,000m², 스웨덴 800,000m², 핀란드 69,500m²가 시공되어 경제적인 효과와 공용성 효과를 동시에

표 2. 국외 적용현황

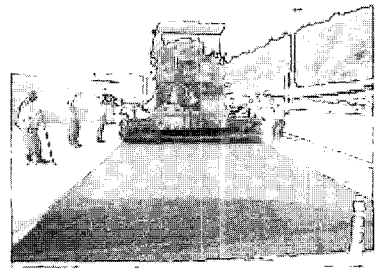
나	라	연 장(m ²)
영	국	1,200,000
네	덜	680,000
캐	나	200,000
미	국	5,800,000
호	주	206,000
일	본	84,000
노	르	240,000
스	웨	800,000
핀	란	69,500
남	아	320,000



소파보수



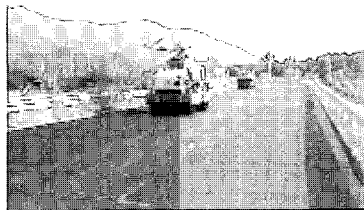
포설 전 노면 청소



초박층 혼합물 포설



유화아스팔트 동시포설 노면



초박층 혼합물 다짐



초박층 포장 포설완료

그림 6. 초박층 포장 시공 순서

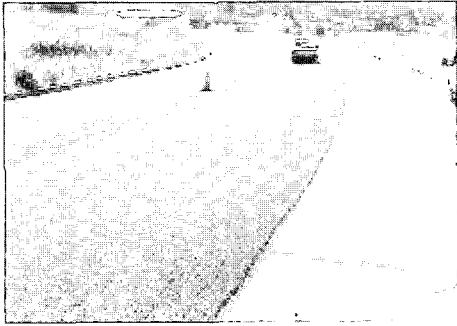


그림 7. San Jose, CA

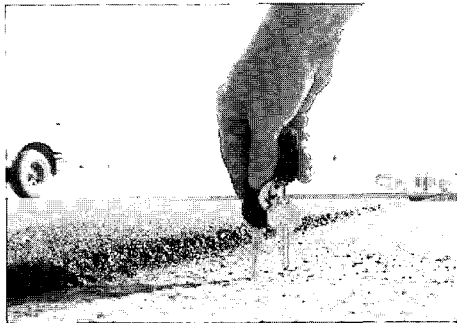


그림 8. Las Vegas, NV

(그림 9 참조), 국도 34호선 진천-증평간 37,728m²에 적용되었다(그림 10 참조). 국도 3호선 충주시계-이류간 44,064m²가 2005년 6월에 시공되었다. 2004년에는 총 46,908m²가 적용되어 2003년의 약

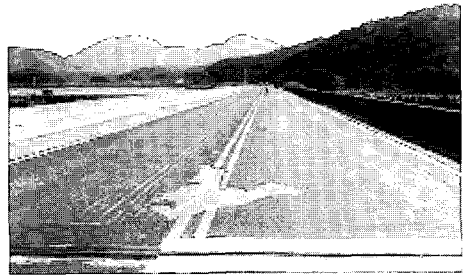


그림 9. 88고속도로 요천3교의 시공 전(상)과 후(하)의 모습

4.2 국내

2003년 국내 최초로 천안-논산 고속도로에 1,440m² 도입되어진 초박층 포장은 2003년에 국도 34호선 성환 판정교에서 입장방면까지 3,600m²가 시공되었고, 구미-마산 고속국도 상리교 1,663m²이 시공되었다. 또한 2004년에는 88고속도로 교서기점 요천 3교 1,980m²가 시공되어 운영되고 있으며

표 3. 초박층 포장 시공구간

시 공 구 간	시공일시	연 장(m ²)
천안 - 논산 고속도로	2003. 8.	1,440
국도 34호선 성환 - 입장	2003. 10.	3,600
구미 - 마산 고속도로	2003. 10.	1,663
국도 34호선 진천 - 증평	2004. 5.	37,728
국도 31호선 기장 - 울산	2004. 10.	7,200
88고속도로 요천3교	2004. 10.	1,980
국도 3호선 충주시계 - 이류	2005. 6.	44,064

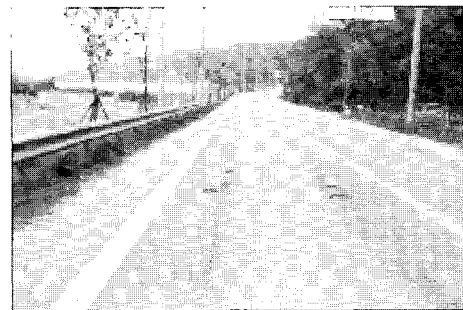


그림 10. 국도 34호선 진천 - 증평간의 시공 전(상)과 후(하)의 모습

7배로 적용사례가 크게 증가하였으며, 시공사례는 계속적으로 증가될 전망이다. 표 3은 국내의 초박층 포장 시공구간을 나타낸 것이다.

5. 초박층 포장의 공용성 평가

5.1 실내시험 결과

초박층 혼합물에 대한 역학적 성능 고찰을 위해 간접인장강도 및 휠트레킹 시험이 사용되었으며 회복탄성계수 및 수분민감도 시험을 실시하여 포장 공학적 거동을 평가하였다. 또한 교통하중(수직력)이 재하된 상태의 계면에서 발생하는 전단력을 측정하기 위해 대형직접전단 시험과 내마모성 평가를 위한 라벨링 시험을 실시하였다. 시험결과 초박층 혼합물은 균열, 소성변형 및 마모에 대한 저항성이 우수하며 온도 변화에 대한 감온성 역시 우수한 것으로 나타났다. 표 4는 초박층 혼합물과 밀입도 혼합물의 실내시험 결과를 비교한 것이다.

표 4. 실내시험 결과 비교

		단 위	초박층 혼합물	밀입도 혼합물
간접인장강도	최대하중	kg	1,434	848
	간접인장강도	kg/cm ²	14.9	8.2
휠트레킹		회/mm	5,380	915
회복탄성계수	5℃	MPa	14,509	16,171
	25℃		6,880	4,447
	40℃		3,064	956
수분민감도		-	0.70	0.4
대형직접전단	부착력	c. kg/cm ²	2.2	1.4
	내부마찰각	φ, °	53	18
라벨링(마모율)		%	0.68	1.0

5.2 현장 추적조사 결과

2003년 10월에 시공된 국도 34호선 성환 - 입장

구간과 입장-성환 구간(그림 11 참조), 2004년 5월에 시공된 진천-증평 구간(그림 12 참조), 증평-진천 구간의 초박층 포장에 대한 공용성 평가를 위하여 2005년 9월에 육안조사와 카메라 시스템 조사를 실시하였다. 표 5는 각 구간에 대한 카메라 시스템 조사 결과이며 평균 3.0%의 균열률을 보이고 있어 균열 저항성이 우수하고 공용성이 우수한 것으로 나타났다.

표 5. 카메라 시스템을 이용한 Crack Index

구 간	Crack Index(UCI)	균열률	표준편차	연장(km)
입장 - 성환 구간	99.7%	0.3%	0.8	0.5
성환 - 입장 구간	99.9%	0.1%	0.4	0.5
증평 - 진천 구간	94.8%	5.2%	3.7	5.2
진천 - 증평 구간	92.9%	7.1%	7.4	5.2

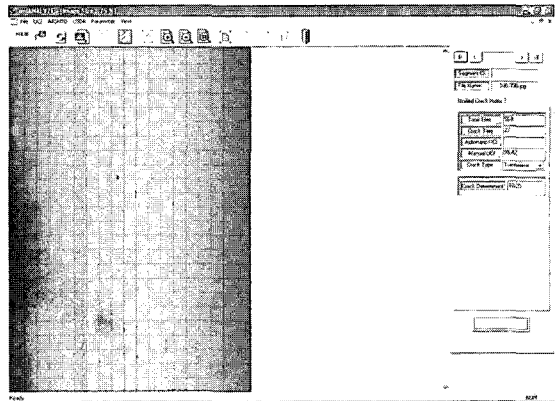


그림 11. 영상분석 결과(입장 - 성환 구간)

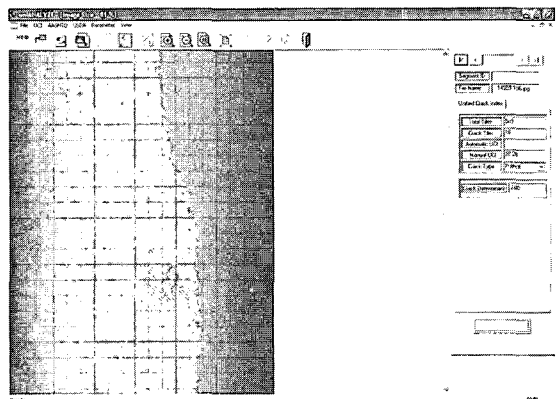


그림 12. 영상분석 결과(진천 - 증평 구간)

5.3 초박층 포장 관련 설계기준 및 시방서

초박층 포장의 주요 설계기준과 시방서는 공법에 사용되는 고분자 개질 아스팔트 바인더, 개질 유화 아스팔트 바인더와 굵은 골재에 관한 것이다.

(1) 아스팔트 바인더

아스팔트는 다음 표 6의 기준에 적합한 품질을 만족하여야 한다. 골재간 결합력을 증대시키고 아스팔트 바인더의 내구성, 감온성, 내유동성 등을 개선시키기 위해 PG등급은 76-22 이상이 되어야 한다.

표 6. 아스팔트 품질 기준

시험 항목	시험 방법	기 준
인화점	KS M 2010	230℃ 이상
점 도 @ 135℃	KS F 2392	3,000 cP 이하
$G^*/\sin \delta @ 10 \text{ rad/sec}$	KS F 2393	1.0 kPa @ 76℃ 이상
회전박막가열 (KS M 2259) 시료		
$G^*/\sin \delta @ 10 \text{ rad/sec}$	KS F 2393	2.2 kPa @ 76℃ 이상
압력노화 (KS F 2391) 시료		
$G^* \times \sin \delta @ 10 \text{ rad/sec}$	KS F 2393	5.0 MPa @ 31℃ 이하
Creep Stiffness @ -12℃	KS F 2390	300 Mpa 이하
m-value @ -12℃	KS F 2390	0.3 이상
PG 등급		76-22 이상

(2) 골재

굵은 골재는 다음 표 7의 기준을 만족하여야 한다.

표 7. 초박층 포장 굵은 골재 품질기준

항 목	시험방법	기 준
비중(표면건조)	KS F 2503	2.5 이상
흡수량(%)	KS F 2503	2.0 이하
마모감량(%)	KS F 2508	35 이하
안정성시험감량(%)	KS F 2507	12 이하
편장석률(%)	KS F 2575	25 이하

(3) 개질 유화 아스팔트

라텍스가 포함된 라텍스 유화 아스팔트로 택코팅을 90~120 l/a로 실시하여 하부층이 균질하고 완

전히 고착되도록 하여야 한다. 살포방법은 많은 양의 유화 아스팔트가 포설면 전체에 균질하게 살포하고 택코팅과 아스팔트 혼합물이 동시에 포설이 되도록 이액형 유제 시스템을 사용한다.

(4) 다짐

초박층 포장 혼합물의 표면은 즉시 다짐을 실시하여야 한다. 전압다짐장비는 8톤 이상의 텐덤 로울러, 15톤 이상의 타이어 로울러 각 1대를 1조로 갖추어야 하며, 현장 여건상 필요한 경우 감독원은 추가적인 다짐장비를 갖추도록 지시할 수 있다. 전압 절차는 규정된 포장의 밀도가 확보되도록 설정되어야 한다. 로울러는 페이퍼의 근접 위치에서 5km/hr가 초과되지 않은 속도로 초기 다짐을 한다. 전압은 로울러 자국이 제거되고 다짐기준밀도가 될 때까지 계속한다.

5.4 경제성 평가

표 9는 초박층 포장과 밀입도 포장의 단가 및 전체 시공비용이며 중기 운반비(약 120~200만원/회)는 포함되지 않았다. 초박층 포장에 사용되는 재료비(아스팔트 바인더, 골재)는 밀입도 포장에 비해 고가(약 2배)이기 때문에 재료비의 상승이 발생하지만 포장시공 두께가 2cm로 기존 밀입도 포장에 비하여 2배 이상 얇기 때문에 전체 시공비에서는 기존 밀입도 포장의 약 80% 정도인 것으로 나타났다.

표 9. 소요비용 비교(1km×6m×차선 기준)

(단위:원)

구 분		초박층 포장 (T=1.5~2cm)		밀입도 아스팔트 포장(T=5cm)			
종 별	단위	수량	단가(원)	수량	단가(원)		
1. 포장공			5,532,053		5,532,053		
2. 부대공			155,432		1,215,585		
3. 자재대			28,122,640		33,983,790		
①아스팔트 바인더	D/M ^①	36.72	165,000	6,058,800	11.01	69,000	759,690
②아스팔트 혼합물	ton	298.16	74,000	22,063,840	851.90	39,000	33,224,100
합 계			31,561,272		40,731,428		

주(1) Drum=200kg

7. 맺음말

덧씌우기 공법을 아스팔트 포장의 유지보수 방법으로 사용하고 있는 국내의 현실을 감안할 때 예방적 유지보수 개념을 도입하여 효율적인 도로 포장의 유지보수 방법의 수행이 필요하다. 지금까지의 일편적인 유지보수가 아니라 적시 적소에 적절한 유지보수를 할 수 있는 예방적 유지관리 체계를 도입함으로써 도로 포장의 서비스 수준을 향상시킬 수 있음은 물론 유지보수에 소요되는 예산을 크게 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 박태순, 김지선, 김윤수(2006), 초박층 포장의 성능 평가 연구, 한국도로학회 봄학술대회 논문집, 한국도로학회, pp127~131.
2. 서울산업대학교(2006), 예방적 유지보수를 고려한 초박층 포장의 적용 및 평가에 관한 연구, 한국도로학회
3. 한국건설기술연구원(2004), 예방적 유지보수공법의 적용 대상 정의, 도로포장관리시스템, 건설교통부, 연구보고서, pp19.
4. BBA(British Board of Agreement)(2000), Guideline Document for the Assessment and Certification of Thin Surfacing Systems for Highways, Watford, UK
5. Hicks G., Stephen B, Seeds, and David G. Peshkin(2000), Selecting a Preventive maintenance Treatment for Flexible Pavement, FHWA-IF-00-027, Foundation for Pavement Preservation, federal Highway Administration, Washington, DC.
6. Prithvi S. Kandhal and Larry Lockett(1997), Construction and Performance of Ultrathin Asphalt Friction Course, National Center for Asphalt Technology, NCAT Report No. 97-5

회비 납입 안내

회원 여러분께서 납부하시는 회비는 학회 운영의 소중한 재원으로 쓰이고 있습니다. 회원 제위께서는 체납된 회비를 납부하시어 원활한 학회운영에 협조하여 주시기 바랍니다.

- 회비납부는 한미은행 : 102-53510-243
- 참조금은 한미은행 : 102-53512-294
(예금주(사)/한국도로학회)
- 지로번호 : 6970529

〈학회사무국〉