

초박층 포장의 성능평가 연구

A Study on the Evaluation of Ultrathin Pavement

박태순 · 김지선 · 김윤수

Park, Tae Soon · Kim, Ji Sun · Kim, Yun Su

1. 서 론

국내에서는 지금까지 아스팔트 포장의 유지보수에 아스팔트 덧씌우기를 주로 사용하여 왔다. 아스팔트 덧씌우기는 시공시에 유발되는 교통체증과 반복적인 덧씌우기 시공으로 주변 구조물과의 단차를 유발시켜 왔다. 뿐만 아니라 일부 도로는 구조적으로 안정함에도 불구하고 아스팔트 덧씌우기를 적용함으로써 적지 않은 유지보수 예산을 낭비하여왔다. 그러나 포장의 유지보수에 경제 이론, 생애주기 비용, 도로 사용자의 쾌적성 등을 도로 포장 비용으로 계산하는 이론이 도입되면서 예방적 유지보수라는 기존의 유지보수 방법에 비하여 합리적이며 적극적인 유지보수 개념이 이미 오래전 구미 선진국으로부터 개발되어 실무에 적용되어 왔다. 본 연구는 새로운 유지보수 공법으로 기대되는 초박층 포장공법의 개념과 시험결과를 소개하고 기 시공된 초박층 포장 공법의 공용성 평가를 실시하였다.

2. 초박층 포장

2.1 예방적 유지보수와 초박층 포장

예방적 유지보수란 구조적 안정 및 성능을 유지하고 있는 도로 포장을 대상으로 추후 파손 발생 가능성을 지연시키고, 도로의 기능과 서비스 수준을 향상시키며, 도로를 보존하는데 경제적인 유지보수 처리 방법이다. 이러한 예방적 유지보수공법의 하나인 초박층 포장은 1980년대 프랑스에서 개발되어 최근 유럽을 중심으로 활발히 사용되고 있는 공법이다.

초박층 포장은 아스팔트 혼합물(10mm 쇄석골재, 개질 아스팔트(PG 76-22), EVA가 포함된 섬유첨가제 사용)과 개질 유화아스팔트(라텍스가 포함된 경화와 양생이 빠른)를 동시포설장비를 이용하여 1.5cm의 두께로 포장한다(그림 1 참조). 표 1은 초박층 포장의 각 요소에 대한 효과를 요약한 것이다.

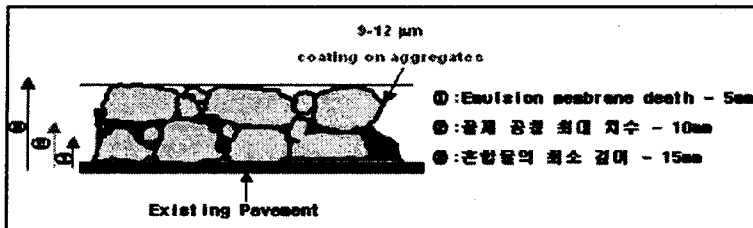


그림 1. 초박층 포장의 개념도

*정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수 · 02-970-6506(E-mail : tpark@snut.ac.kr)
**정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · 02-970-6946(E-mail : white6816@empal.com)
***정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · 02-970-6946(E-mail : puma02@empal.com)



표 1. 초박층 포장의 효과

요 소	효 과
개질 유화아스팔트, 동시포설장비	방수성 및 접착성 확보, 수분 침투 억제, 균열 억제
갭입도 HMA	소음 감소, 미끄럼 저항성 향상, 쾌적한 주행성 확보, 우천시 시인성 개선효과.
초박층	교통의 조기 개방, 교통 장애가 최소

2.2 국내 · 외 적용사례

표 2는 국내의 초박층 포장 시공구간을 나타낸 것으로 2003년에 천안-논산 고속도로에 도입되어진 이래로 그 시공사례가 점차 증가하고 있다. 국외의 경우 미국은 1999년에 도입하여 텍사스, 뉴저지, 라스베이거스 등 38개주 41,500,000m² 이상에 시공하였고, 영국은 1999년에 초박층 포장이 도입되어 런던 근교의 고속도로 등 1,200,000m² 에 시공하였다. 그 외에 네덜란드 680,000m², 노르웨이 240,000m², 스웨덴 800,000m², 핀란드 69,500m² 가 시공되어 경제적인 효과와 공용성 효과를 동시에 만족 시키고 있다고 보고하고 있다 (BBA(British Board of Agreement), 2000).

표2. 초박층포장시공구간

2003년 시공		2004년 시공	
시공구간	연장	시공구간	연장
천안-논산 고속도로	0.2km×2차선	88고속도로 고서기점	0.275km×2차선
국도 34호선 성환-입장	0.5km×2차선	국도 34호선 진천-증평	5.24km×2차선
구미-마산 고속도로	0.077km×6차선	국도 31호선	2.1km×2차선

3. 초박층 포장의 성능평가 및 시험결과

3.1 실내시험

본 연구에서는 초박층 혼합물에 대한 역학적 고찰을 위해 간접인장강도 및 휠트래킹 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.

3.1.1 수분민감도 시험결과

표 3의 시험결과는 수분민감도 시험결과이다. 초박층 혼합물의 경우 Lottman 규정(0.7이상)을 만족하는 결과를 나타냈다.

표 3. 수분민감도 결과비교

구분	인장강도비
밀입도 혼합물	0.40
P 개질아스팔트 혼합물	0.64
초박층 혼합물	0.70

3.1.2 대형직접전단 시험결과

그림 2는 전단응력-수평변형 관계를 나타낸 것으로 그래프의 각 하중단계마다 최대 전단응력을 산출하여 그림 3과 같은 전단응력-수직응력 관계로 나타내었다. 표 4는 아스팔트 혼합물 표층에 대한 전단강도정수를 나타낸 것으로 초박층 혼합물의 부착력과 내부마찰각(2.2kg/cm², 53°)이 밀입도 혼합물(1.4kg/cm², 18°) 보다 큰 것



로 나타났다.

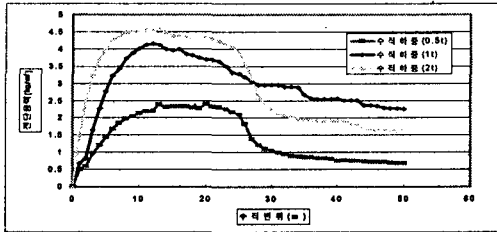


그림 2. 전단응력-수평변형 관계도

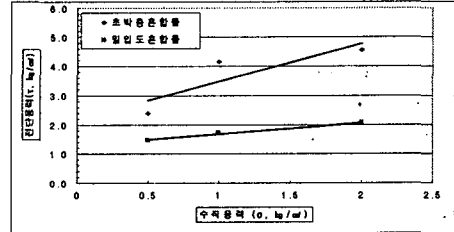


그림 3. 전단응력-수평응력 관계도

표 4. 전단강도정수(아스팔트 혼합물 표층)

구분	전단강도정수	부착력(c, kg/cm ²)	내부마찰각(φ, °)
밀입도 혼합물		1.4	18
초박층 혼합물		2.2	53

3.1.3 라벨링(Ravelling) 시험결과

표 5는 초박층 아스팔트 혼합물에 대한 라벨링 시험결과를 보여주는 것이다. 마모율은 0.68%로 평가되었으며, 일반 아스팔트 혼합물의 마모율이 약 1%(도로공사 보고서에서 산정, 0.95%~1%) 내외의 범위에서 결정되는 것을 고려할 때, 초박층 아스팔트 혼합물 라벨링 시험결과가 비교적 양호한 것을 알 수 있다.

표 5. 라벨링시험결과

시험 전 공시체 중량(g)	시험 후 공시체 중량(g)	마모량(g)	마모율(%)	비고
11,908	11,827	81.4	0.68	
공기중 중량(g)	수중 중량(g)	표건상태 중량(g)	밀도(g/cm ³)	비고
11,784	6,849	12,009	2.28	

3.1.4 회복탄성계수 시험결과

회복탄성계수를 측정하는 시험결과 초박층 혼합물의 회복탄성계수는 다른 혼합물에 비하여 온도의 변화에 따라 회복탄성계수가 크게 변화하지 않는 것으로 나타났다(표 6, 그림 4 참조). 특히 40°C에서의 회복탄성계수가 비교적 크게 나타났다.

표 6. 회복탄성계수 결과비교

구분	회복탄성계수(MPa)		
	5°C	25°C	40°C
밀입도 혼합물	16,171	4,447	956
P 개질 아스팔트 혼합물	12,952	2,091	791
초박층 혼합물	14,509	6,880	3,064

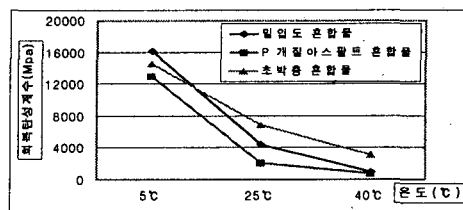


그림 4. 회복탄성계수 결과비교



3.1.5 간접인장강도 및 휠트래킹(Wheel Tracking) 시험결과

간접인장강도는 14.9 kg/cm², 휠트래킹 시험결과 동적안정도는 5,380(회/mm)를 나타내어 균열 및 소성변형에 대한 저항성이 우수할 것으로 기대된다.

3.2 공용성 추적조사

2005년 9월에 국도 34호선 성환-입장방면, 입장-성환방면, 진천-중평방면, 중평-진천방면의 초박층 포장에 대한 공용성 평가를 위해 육안조사와 카메라 시스템 조사를 실시하였다.

3.2.1 육안조사 결과

포장 표면상태는 조사구간내의 균열과 변형의 종류, 분포, 발생빈도를 중심으로 조사하여 공용성을 비교하였다. 조사결과 입장-성환방면 구간의 시공균열을 제외하고는 입장-성환방면, 성환-입장방면 구간 모두 큰 균열이나 변형은 관찰되지 않았다. 중평-진천방면 구간에서 미미한 골재분리현상이 나타났지만 대체적으로 양호한 상태였다.

3.2.2 카메라 시스템 조사결과

카메라 시스템 데이터 분석은 총 1,978장의 이미지를 기본 데이터로 삼아 분석을 실시하였다. 분석 프로그램인 uniANALYZE는 균열부분의 이미지를 격자로 쪼개어 전체 면적 대비 균열로 판단되는 격자의 비율로 균열지수를 구하여 균열분석결과를 UCI(Unified Crack Index)로 나타낸다. 카메라 시스템을 이용한 영상분석 결과는 표 7과 같다. 카메라 시스템 분석결과 전구간 균열률이 0.1%~7.1%의 범위로 매우 안정된 수치를 나타내었다. 입장-성환 방면은 2군데의 시공균열이 측정되었고, 성환-입장 방면은 균열이 거의 나타나지 않았다. 진천-중평방면에서 미미하게 가로균열이 나타났지만 대체적으로 양호한 상태였고 중평-진천방면도 비슷한 상태를 보였다.

표 7. 카메라 시스템을 이용한 Crack Index

구간	CrackIndex(UCI)	균열률	표준편차	연장(km)
입장-성환 방면	99.7%	0.3%	0.8	0.5
성환-입장 방면	99.9%	0.1%	0.4	0.5
중평-진천 방면	94.8%	5.2%	3.7	5.2
진천-중평 방면	92.9%	7.1%	7.4	5.2

4. 결 론

- 회복탄성계수 시험결과 초박층 혼합물은 밀입도 혼합물에 비해 온도 감온성이 크지 않은 것으로 나타났으며, 온도 균열을 억제하는데 효과적일 것으로 판단된다.
- 간접인장강도 시험결과 초박층 혼합물은 균열 및 소성변형저항성이 우수한 것으로 나타났다.
- 라벨링 시험결과 일반 밀입도 혼합물의 마모율이 약 1%로 나타난 것에 비해 초박층 혼합물의 마모율은 0.68%로 평가되었다. 초박층 혼합물이 공용중에도 내마모성에 대한 저항성능이 우수해 내구성 증가 및 포장 수명 증진이 기대된다.
- 육안조사 및 카메라시스템 조사결과 조사기간 내에서는 심각한 균열이 발생하지 않았으며 평균 3.0%의 균열률을 보이고 있어 포장의 상태가 양호하고 공용성이 우수한 것으로 판단된다.



참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구회, “2003 도로포장관리시스템 부록E: 예방적 유지보수(해와사례)”, 건설교통부, 2004. 2
2. 박태순, 서경원, 이수희, “국내 개질 및 특수아스팔트 혼합물의 특성 및 성능 비교에 관한 연구”, 아스팔트 포장공학의 첨단기술 국제심포지엄 논문집, 석재복합신소재제품연구센터, pp17~42, 2004. 9
3. 서울산업대학교, “버스전용차로 포장지력 시험 및 구조평가(경인-마포로 구간)”, 한국도로학회, 2005. 5
4. 서울산업대학교, “경인-마포로 유색아스팔트 혼합물 품질 및 성능분석”, 한국도로학회, 2005. 7
5. BBA(British Board of Agreement), “*Guideline Document for the Assessment and Certification of Thin Surfacing Systems for Highways*”, British Board of Agreement, Watford, UK, 2000