

도로포장 위의 지속가능성, 어떻게 만들어갈까?

제2편 지속가능한 포장 기술과 그 효과

이호정 | 한국도로협회 교육홍보실 차장

1. 서론

지속가능한 도로포장은 이미 국내외에서 다양한 기술로 개발·적용되고 있다. 중온 아스팔트(WMA)와 재활용 아스팔트(RAP)와 같은 온실가스 감축 기술부터 장수명 포장 설계까지 폭넓게 활용되고 있으며, 중온 아스팔트의 경우 유럽·미국·일본에서 15년 전부터 정책적으로 도입하고 있다. 그러나 현장 확산을 가로막는 것은 기술 부족이 아니라 제도적 한계와 인식 부족이다. 즉, 기술은 충분히 준비되어 있으며 앞으로의 과제는 실행과 제도화를 통한 현장 확대라 할 수 있다.

2. 온실가스 저감 포장 기술

이러한 맥락에서 주목할 만한 기술들을 살펴보면 다음과 같다. 이들은 모두 기존 일반 포장 대비 생산·시공 과정에서 온실가스 배출을 줄이고 에너지 소비를 절감할 수 있다.

2-1. 중온 아스팔트 포장(WMA)

WMA는 기존 HMA보다 약 20~30℃ 낮은 온도에서 생산되어 연료 소비와 배출가스를 줄인다. 예컨대 미국 연구에 따르면 1km 포장 시 배출량이 HMA 141톤 대비 87톤으로 약 38% 감소했다. 다른 LCA 연구에서도 온실가스 약 6%, 에너지 16%, 오존층 영향 14%의 개선 효과가 보고되었다. 이 성과를 바탕으로 WMA는 2010년 FHWA의 Every Day Counts(EDC) 가속보급 대상으로 선정되어 확산되며,

2018년에는 미국 전체 아스팔트 혼합물 생산의 40.5%를 차지했다.

2-2. 재활용 아스팔트 포장(RAP)

RAP는 폐아스팔트를 파쇄해 골재로 활용함으로써 신재료 사용과 폐기물 발생을 줄이고, 결과적으로 온실가스와 에너지 사용을 절감한다. 미국에서는 2018년 8,220만 톤이 재활용되어 아스팔트 바인더 410만 톤(원유 2,300만 배럴 상당)과 신규 골재 7,800만 톤을 대체했다. 국내에서도 매년 약 2,100만 톤이 발생해 대부분 재활용되고 있다. 연구에 따르면 바인더 15% 대체 시 CO₂는 약 7%, 50% 대체 시 27% 이상 감소한다. 또한, 이탈리아에서는 RAP와 제강 슬래그를 혼합한 포장이 온실가스를 약 21% 줄이고, 인체 독성을 30% 개선한 것으로 보고되었다. 다만 균열 저항성 저하 문제가 있어 일반적으로 15~25% 수준의 사용이 권장되며, 고탐량 적용 시에는 첨가제·연화제 보완이 필요하다.



2-3. 산업부산물 활용 아스팔트 포장

제강슬래그(EAF/BOF)는 제철 과정에서 발생하는 산업부산물로, 아스팔트 혼합물의 굵은 골재를 대체해 천연골재 채취와 폐기물 매립을 줄일 수 있다. 다만 비중 차이로 운송에너지가 늘어날 수 있어 환경 이익은 지역 수급 여건에 따라 달라질 수 있다. 그럼에도 불구하고 연구에 따르면, 공용성에는 문제가 없으며, RAP와 함께 활용할 수도 있어 환경영향 저감 효과를 극대화할 수 있는 포장공법이라고 할 수 있다.

3. 장수명 포장 기술

또 다른 축은 포장의 수명을 늘려 자원 투입을 줄이는 장수명 포장(Long-Life Pavement, Perpetual Pavement)이다. 이는 50년 이상 구조적 보수 없이 사용하고, 표면층만 주기적으로 교체하는 개념이다. 핵심은 ①충분한 두께 확보, ②고탄성·고강도 바인더 사용, ③중간층·표층의 최적 설계(SMA, 개질 아스팔트 등)다.

미국 아이오와 사례에서는 장수명 포장 설계로 관행 설계 대비 LCCA 비용이 최대 28%, 환경영향이 20% 이상 감소했다. 또한 미국 및 캐나다에서는 2001년 이후 'Perpetual Pavement Award'를 받은 장수명 포장 구간이 총 217개(미국 36개 주 및 캐나다 1개 주)로 집계되어, 해당 기술의 적용 범위가 지속적으로 확대되고 있음을 보여준다. Perpetual Pavement Award는 미국의 Asphalt Pavement Alliance(APA)가 주최하는 매우 권위 있는 상으로 장수명 아스팔트 포장(Perpetual Pavement) 개념에 부합하는 도로를 선정해 수여한다.

국내도 2000년대 말부터 시험시공을 통해 균열 지연 효과를 확인했다. 다만 초기 건설비와 자원 투입이 크므로 모든 도로에 적용하기보다는 교통량과 설계수명을 고려해 선별적으로 활용하는 것이 바람직하다. 결국 “한 번 잘 지어 오래 쓰는” 방식으로 자원 절약, 환경성, 유지관리 비용 절감 효과를 기대할 수 있으며, 향후에는 LCCA를 통한 경제성 검토가 중요하다.



4. 기술 효과의 수치화

이처럼 다양한 기술의 효과는 정량적 분석을 통해 더욱 명확히 드러난다. 대표적인 기법이 전과정평가(LCA)와 생애주기비용분석(LCCA)이다.

- ▶ LCA는 원료 채취부터 생산·시공·사용·폐기까지 전 과정의 환경영향을 계량화하여 CO₂ 배출량, 에너지 사용량, 대기오염 저감 효과 등을 수치화한다.
- ▶ LCCA는 초기 건설비, 유지보수비, 사용자 지연비용을 현재 가치로 환산하여 경제성을 평가한다. 최근에는 LCA 결과를 LCCA에 통합해 환경비용까지 고려하는 시도도 이어지고 있다.

이를 지원하는 도구도 다양하다. 도로포장 LCA에는 캘리포니아대의 eLCAP(웹 기반, 18개 환경영향 산출)과 FHWA의 LCA Pave(엑셀 기반, 신속 비교용)가 대표적이다. LCCA에는 RealCost 등이 활용된다. 이러한 전문 도구의 확산은 복잡한 지속가능성 평가를 한층 수월하게 만들고 있으며, 데이터 기반 정책결정을 가능하게 한다.

5. 마무리

온실가스 저감형 포장부터 장수명 포장까지 기술적 수단은 이미 충분하다. 연구와 사례를 통해 환경적·경제적 이점도 입증되었다. 다만 제도화 부족으로 인해 현장 적용에는 한계가 있는 것이 현실이다. 앞으로는 기준·지침 정비, 발주처의 의지, 경제성 인식 개선, 그리고 정책적 지원이 뒷받침되어야 한다. 결국 남은 과제는 이러한 기술을 실제 현장에 구현하는 실행 방안이며, 다음 3편에서는 정책·제도적 적용 가능성을 논의할 것이다. 