

# 소형현장가속기(MMLS3)를 이용한 포장 공용성 평가를 위한 기초 연구

## Evaluation of Asphalt Rutting Performance using small scale accelerated pavement tester

임재규\*                      이재준\*\*                      양성린\*\*\*                      권수안\*\*\*\*  
Lim, Jae-Kyu              Lee, Jae-Jun              Yang, Sung-Lin              Kwon, Soo-Ahn

### 1. 서 론

교토협약이후 전 세계적으로 온실가스의 주 요인인 이산화탄소를 줄이기 위해 많은 노력을 하고 있다. 1996년 독일에서 최초로 친환경적인 중온 아스팔트가 개발되었으며, 2002년 미국에 도입되어 현재 미국에서는 중온 아스팔트의 Mix Design과 시방서 제작 등을 위한 많은 연구들이 진행 중에 있다. 국내에서도 녹색 성장의 정책에 부흥하기 위하여 건설사업에서도 저탄소 녹색성장에 많은 관심을 가지게 되었다. 전국토의 1.04%를 차지하고 있는 도로, 그중 약 90%가 아스팔트 콘크리트로 포장되어 있으며, 이러한 아스팔트 콘크리트 포장산업에서도 저탄소 녹색성장 정책에 부흥하기 위한 일환으로 국내에서도 저탄소 중온 아스팔트 콘크리트 개발이 추진되어 한국건설기술연구원과 금호석유화학이 공동으로 순수 국내 기술로 저탄소 중온 아스팔트 콘크리트 첨가제를 개발하여 저탄소 중온 아스팔트 콘크리트 혼합물을 생산하여 전국 5개소에 시험포장을 성공적으로 수행하였다. 시험시공에 사용된 저탄소 중온 아스팔트 혼합물은 저탄소 중온 아스팔트 첨가제를 아스팔트 바인더양의 3%를 사용하여 성공적으로 생산 시공을 마쳤다. 국제적인 경쟁력 확보와 함께 일반가열 아스팔트 혼합물과의 가격 경쟁에서 이기기 위해서는 저탄소 아스팔트 첨가제의 성능개선 및 사용량 저감에 관한 연구가 필요하다. 따라서, 저탄소 중온 아스팔트의 성능개선과 함께 첨가량을 줄이기 위한 연구를 수행함에 있어서, 개선된 첨가제와 첨가제 사용량을 2%, 2.5%, 3%로 다르게 하여 제작한 저탄소 아스팔트 콘크리트 혼합물에 대한 공용성 평가를 수행하였다. 본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 개발한 저탄소 중온 아스팔트 혼합물의 소성변형 거동을 연구하기 위해 소형 포장가속시험기를 활용하여 차량하중을 시뮬레이션한 환경조건에서 저탄소 아스팔트 콘크리트의 공용성을 평가하였다. 소성변형 온도는 NCHRP에서 20, 40, 54℃ 온도로 규정하고 있다. 본 실험은 54℃에서 측정된 차량 바퀴 패스 횟수에 따른 소성변형 거동을 평가하였다.

### 2. 실험 개요 및 방법

#### 2.1 소형포장가속시험기(MMLS 3) 설명

소형 포장가속시험기(the third-scale Model Mobile Loading Simulator (MMLS3))는 남아프리카공화국에서 제작되어 현재 미국, 스위스, 중국 등에서 포장연구 분야에서 널리 사용되고 있다. 남아프리카공화국에서는 소형포장장비를 활용하여 아스팔트 포장의 수분민감도와 소성변형을 측정할 수 있는 표준화 작업이 현재

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원(E-mail: jklim@kict.re.kr) - 발표자  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원 · 공학박사(E-mail: yijaejun@kict.re.kr)  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원(E-mail: siyang@kict.re.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사(E-mail: sakwon@kict.re.kr)

진행 중에 있다. (1) 일반 Full scale 포장가속시험기의 규모를 1/3로 축소한 포장가속기는 연속적인 루프 형식으로 해서 단일방향으로 차량하중 시뮬레이션이 가능하다. 구성은 직경 30cm의 고무타이어가 장착되어 있다. 이 타이어 사이즈는 표준타이어 트럭 직경의 1/3 사이즈이다. 한 시간에 7,200 차량 하중을 적용할 수 있으며, 타이어의 압력은 700kPa을 유지하여 최대 하중은 2,700N까지 적용 할 수 있다. 이 하중은 0.3초 Harversine 하중과 0.3초의 휴시기로 구성되어 있다. 최대 3.5 kN의 동적하중을 가할 수 있다(2). 그림 1은 소형포장가속시험기(MMLS3)를 이용하여 소성변형 거동을 차량하중별로 측정된 결과를 보여주고 있다. 그림 1과 같이 전체 소성변형 깊이와 Heaving 구간과 패임구간을 구분 할 수 있다. 본 장비의 특징 중의 하나는 빗길에서 포장노면에서의 차량하중을 시뮬레이션할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 다양한 테스트 온도(-10℃~70℃)와 환경하중(건조와 습윤포장조건)에 따른 아스팔트 포장의 공용성 평가를 할 수 있다.

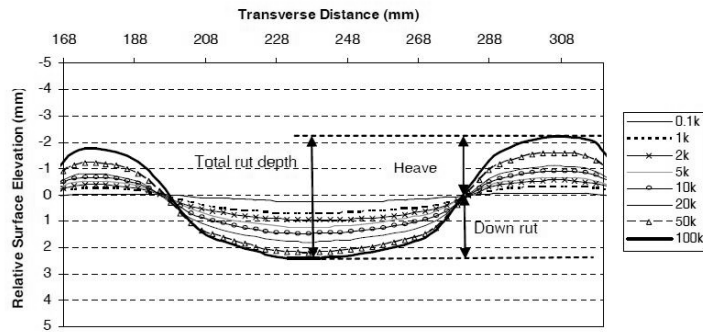


그림 1. 소성변형 프로파일 결과

## 2.2 저탄소 아스팔트의 소성변형 측정 실험방법

소형 포장 가속시험기(MMLS3)를 활용한 소성변형 시험방법 절차는 다음 그림 2에서 설명하고 있다. 그림 2(a)에서는 사용되는 시편 규격을 설명해 주고 있다. 일반적으로 널리 사용되고 있는 직경 150mm 실린더 시편의 양쪽을 커팅하여 112mm 규격으로 커팅을 한다. 105mm는 MMLS3의 교통하중이 지나가는 방향이다. 시편의 두께가 30mm~90mm 범위내의 시편은 모두 사용할 수 있다. 그림 2(b)는 그림 2(a)에서 보여주었던 커팅된 시편 9개를 정렬한 모습을 보여주고 있다. 포장체 온도를 측정하기 위해서 시편에 온도계를 매설하여 포장체 온도를 항상 확인 할 수 있으며, Heater 장치가 셋팅 온도를 유지하는데 사용되어진다. 그림 2(c)는 정렬된 9개의 시편 위에 MMLS3를 거치시킨 모습이다. MMLS3를 시편위에 올려놓은 후 일정한 하중을 부여 한 후에 차량하중을 부과한다. 그림 2(d)와 (f)는 MMLS3로 일정시간동안 교통하중을 준 후 시편 표층의 프로파일을 측정하는 과정을 설명해 주고 있다. 프로파일러는 RS232 시리얼 포트로 해서 컴퓨터와 연결하여 컨트롤하면서 측정하게 된다. 시편 표면 프로파일은 25mm 직경, 10mm 폭의 스틸 휠이 그림 2(e)와 같이 시편위를 움직이면서 측정을 하게 된다. 수직 측정 resolution은 1 마이크로미터이며, 총 540mm까지 프로파일을 측정할 수 있다. 그림 2(f)는 5만 하중의 교통 하중을 받은 시편들을 비교하고 있다. 그림 2(f)에서와 같이 일반가열 아스팔트 혼합물보다 저탄소 증온 아스팔트 소성변형이 적게 발생함을 육안으로 쉽게 관별할 수 있다.



그림 2. MMLS 3 테스트 과정

### 2.3 저탄소 아스팔트의 소성변형 측정

본 연구에서는 한국건설기술연구원에서 개발한 저탄소 아스팔트 콘크리트 혼합물의 성능개선을 위한 연구 일환으로 진행되었다. 기존의 저탄소 증온 첨가제의 성능개선과 함께 첨가제의 첨가량을 달리한 아스팔트 시편의 소성변형 거동을 차량하중에 의한 소성변형 깊이로 측정하였다. 소성변형 테스트는 4개의 다른 저탄소 아스팔트 혼합물과 1개의 HMA 혼합물의 시편을 이용하여 측정하였다. 소성변형 온도는 시편온도 54°C에서 소형포장가속기 휠 패스 대 러팅 깊이 변화에 대하여 측정하여 비교 분석을 하였다. A type의 저탄소 첨가제의 첨가량을 1.5% 2.0% 2.5% 3.0%로 각각 달리한 혼합물을 사용하였으며, 비교용으로 일반가열아스팔트 혼합물을 동시에 측정하였다. 그림 3은 차량 하중 후 주기적으로 프로파일러를 이용하여 표면의 프로파일을 측정한 결과를 정리한 그림이다. 그림 3과 같이 일정한 휠패스에 의한 차량하중 부여에 따라 소성변형 깊이가 다르게 변화함을 알 수 있었다. 그림 4는 첨가제 종류별 첨가제 사용량을 달리한 아스팔트 콘크리트 혼합물에 대한 MMLS3 차량 휠하중 시뮬레이션에 의해 발생된 아스팔트 혼합물에 대하여 8만 차량하중 부여후의 소성변형을 측정된 결과를 보여주고 있다. 그림 4에서 설명되어지는 것처럼 A 첨가제가 B와 일반가열아스팔트(HMA)보다 소성변형 저항성이 우수함을 알 수 있었다. 저탄소 증온 아스팔트 첨가제 WMA-B 를 사용한 시편의 경우 소성변형이 아주 미소하여 가장 소성변형 저항성이 좋은 결과를 나타내었다. 이는 첨가제량을 줄이면서 소성변형 저항성을 향상됨을 알 수 있었으며, 이는 첨가제 사용량 감소에 따른 가격 경쟁력을 확보 할 수 있음을 암시해 주고 있다.

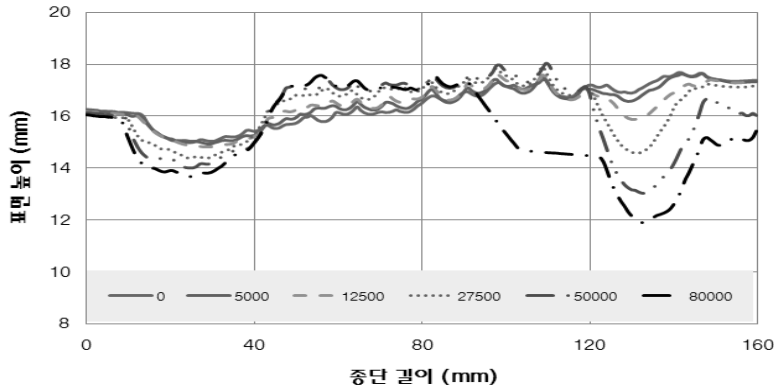


그림 3. 소성변형 프로파일 단면

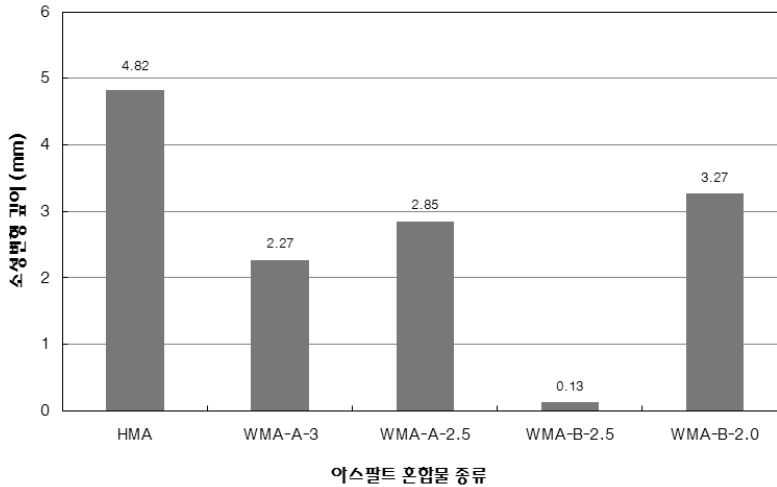


그림 4. 소성변형 실험 결과 (80,000 MMLS 3 휠패스 후)

### 3. 결론

1. 소성포장가속시험기(MMLS3)를 이용하여 아스팔트 혼합물의 소성변형 측정함에 따라 차량 휠 패스에 따른 각각 아스팔트 혼합물의 소성변형 거동을 측정할 수 있었다.
2. 저탄소 아스팔트 첨가제를 사용한 혼합물이 일반가열 아스팔트혼합물보다 소성변형 저항성이 우수함을 나타내었으며, WMA-B 타입의 첨가제를 사용할 경우 2.5% 사용량에서 소성변형 저항성이 우수함을 나타내었다.

### 참고 문헌

1. Towards Development of an International Standard Test Protocol, (2008) Method for evaluation of permanent deformation and susceptibility to moisture damage of bituminous road paving mixtures using the Model Mobile Load Simulator (MMLS3)
2. MMLS 3 Traffic Simulator Operation Manual, (2009), MLS Test Systems, 19 Elbertha Road Die Boord 6700 Stellenbosch, South Africa