

# 포장가속시험을 활용한 아스팔트포장 피로파괴 모사 실험연구

## Simulation of Fatigue Failure for Asphalt Pavement by Accelerated Pavement Testing

여인수\*, 서영찬\*\*, 문성호\*\*\*

Yeo, In Soo · Suh, Young-Chan · Mun, Sung-Ho

### 1. 서 론

포장의 공용성을 예측하는데 있어서 포장가속시험기의 도입은 아스팔트포장의 대표적 공용성인 소성변형과 피로균열에 대한 평가를 단기간에 할 수 있도록 하였다. 현재 국내에서도 한국도로공사의 KALES와 한양대학교의 HAPT 등 두 대가 도입되어 이 분야에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 아스팔트포장의 대표적 공용성인 소성변형과 피로균열 중 포장가속시험을 이용한 소성변형 평가는 이미 2003년도에 본 연구진에 의하여 수행되었으며 성공적인 결과를 도출하였다.<sup>(1),(2)</sup> 하지만 포장가속시험을 이용한 피로균열에 대한 저항성 평가는 비교적 난이도가 있는 실험으로 성공적인 실험수행이 어려워 해외에서도 그 연구사례가 드문 실정이다. 따라서 본 연구에서는 피로균열의 성공적인 실험수행을 위해 2005년도에 수행된 피로균열 저항성 시험을 기초로 하여 단기간에 피로균열을 모사하기 위하여 비교적 간단한 Underdesign을 통하여 실험을 수행하였다. 2005년도에 수행된 실험에 비하여 이번 실험에서는 아스팔트층 하부를 일반 도로와 같게 시공하였으며 단지, 표층의 생략과 지하수위 조절로만 Underdesign을 하였다.

### 2. 포장가속시험

#### 2.1 시험 포장층 시공

피로균열 모사를 위한 포장가속시험단면은 그림 1과 같으며 피로균열 발생 시기를 앞당기기 위하여 표층은 시공하지 않았다. 아스팔트 기층용 혼합물은 BB-3 입도의 일반 혼합물로 현장 배합설계를 통해 생산하였다. 또한 연약지반 모사를 위한 수침이 가능하도록 포장 단면을 설계하였다. 실제로 피로균열은 국부적으로 지반이 약하거나 배수가 잘 안 되는 곳에서 많이 발생되므로 수침시험은 국부적 취약지점을 모사하는데 유용하리라 판단한다.

---

\* 한양대학교 교통공학과 석사과정 · E-mail : dudlstn79@nate.com  
\*\* 한양대학교 교통공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : suhyc@hanyang.ac.kr  
\*\*\* 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원 · 공학박사 · E-mail : smun@freeway.co.kr

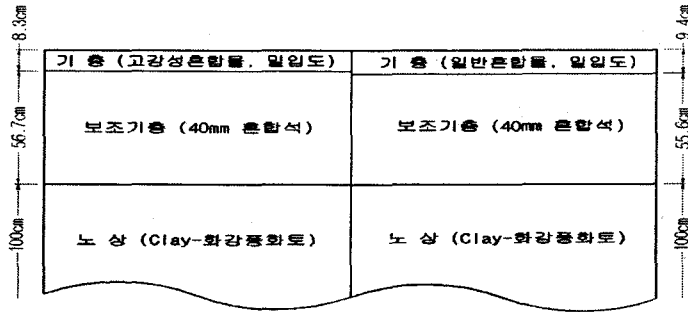


그림 1. 포장가속시험 개요

시험 포장면은 12.5m길이에 2.3m폭으로 총 12.5m중 6.4m구간은 일반 밀입도 아스팔트로 시공하였으며 나머지 6.1m구간은 고강성 개질아스팔트로 시공하였다. 또한 지하수위를 조절하기 위하여 포장면 가장자리에 약 1.3m의 공간은 보조기층 상태로 두었다. 아스팔트기층의 온도를 측정하기 위하여 기층아래 2cm, 5cm, 8cm 지점에 Thermocouple을 매설하였다.

## 2.2 포장가속 시험조건

### 2.2.1 운행조건

시험 포장구간이 아스팔트 기층으로만 구성되어있고 국부적 연약지반을 모사하기 위하여 지하수위를 형성하였으므로 초기에는 8ton으로 시험을 실시하였고 단계적으로 하중을 올려 약 1,000회 하중 재하 후에 10ton으로 하중을 높여 시험하였다.

표 1. 포장가속시험 운행조건

하중	10 ton		
하중 종류	Truck Tire (Single Axle, Dual Tire)		
속도	10 km/h		
시험 기간	2005. 11. 28 ~ 2006. 5. 11		
Wandering	폭	좌	우
		0.2m	0.2m
하중재하방향	양방향		

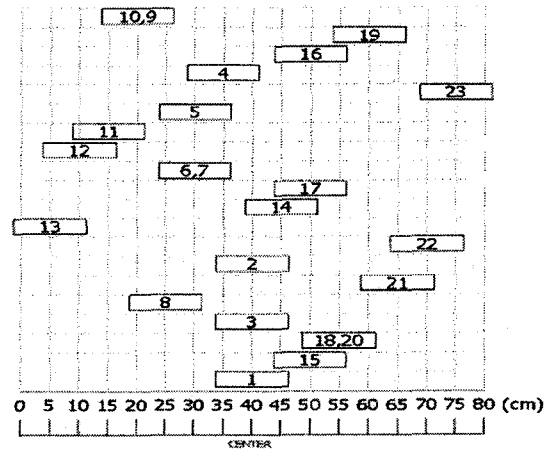


그림 2. Wandering 적용상황 (Random 방식)

또한, 현장의 상황과 동일하게 하기 위하여 Wandering을 적용하였다. 2005년도에 실시한 피로균열 시험에서는 좌우로 움직이는 휠의 폭이 좁았던 관계로 Wheel Path 가장자리에서 포장면이 타이어 진행방향으로 찢어지는 현상을 확인할 수 있었다. 따라서 이번 연구에선 강민수<sup>(3)</sup>가 제시한 포장가속시험기의 카트와 유사한 6종 차량의 Wandering 표준편차인 20cm를 적용하여 Wandering 계획을 수립하였다. 현실의 모사를 충분하게 하기 위하여 각 위치별 하중 재하 순서를 그림 2와 같이 Random 방식으로 하중의 위치를 변화시켜 시험하였다.



2.2.2 환경조건(지하수위 형성)

실제 빗물이나 지하수위가 포장면 아래로 침투하였을 때의 포장에 적용된 악조건을 모사하고 피로파손을 가속시키기 위하여 그림 과 같이 포장면 아래 30cm 지점까지 지하수위를 일정하게 유지하여 실험하였다.

실제로 CAPTIF는 수분이 포장체로 유입되는 것을 차단하면, 포장의 설계수명이 매우 증대됨을 보여준다는 연구결과를 발표한 바가 있다.<sup>(4)</sup> 이 기관의 연구결과로 포장의 처짐 및 균열 등 포장의 손상은 물의 유입과 함께 증대된다는 것을 보여준다. 또한, 실제로 도로현장에서도 피로균열은 수분이 침투한 곳이나 지반이 약한 국부적인 지역에서 발생한다.

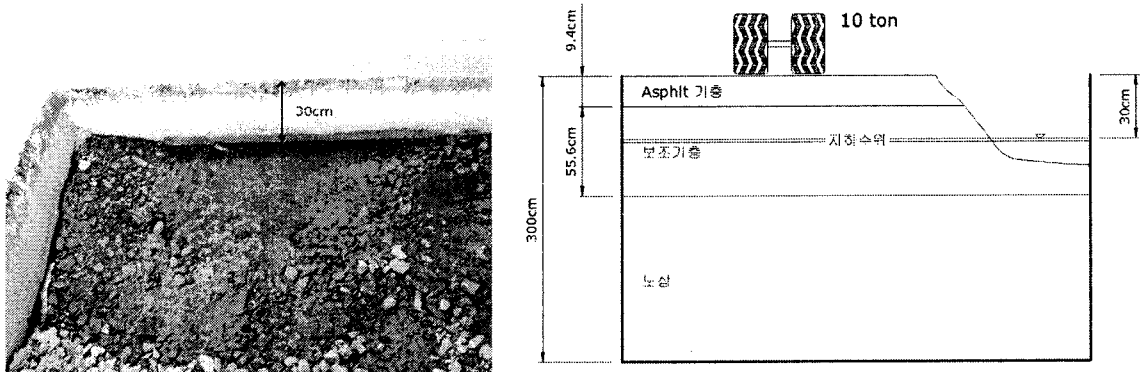


그림 3. 지하수위 조절

3. 시험결과

3.1 온도측정 결과

온도측정을 위하여 포장 면 아래 2cm, 5cm, 8cm 위치에 Thermocouple을 매설하였으며 5cm 지점의 온도를 대표온도로 설정하였다. 온도 측정간격은 5~30분 간격으로 하였으며 하중이 통과하는 순간의 온도를 측정하였다. 포장의 온도는 날씨의 변화에 따라 증가하는 추세를 보였으며 실험기간이 길었던 관계로 약 8℃ 정도의 온도변화를 보였다. 하지만 균열모사시험 적절 온도인 10℃~20℃내의 온도를 Heating System을 이용하여 유지하였으며 그 결과는 다음의 그림 4와 같다.

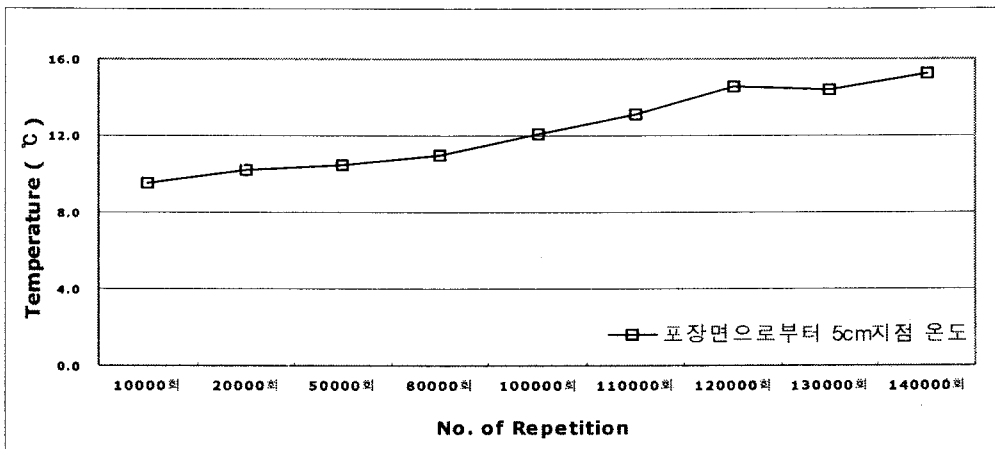


그림 4. 포장가속시험 중 온도변화

### 3.2 포장의 탄성계수 추정

포장가속시험구간의 탄성계수를 측정하기 위하여 비파괴 시험인 Portable FWD를 이용하였으며 EVERCALC 역산 프로그램을 이용하여 횡수별 탄성계수를 역산하였다.

표 2. Portable FWD를 이용한 탄성계수 추정

횡수 종류	20,000회	50,000회	80,000회	100,000회	120,000회	140,000회	160,000회	180,000회	200,000회
일반재(MPa)	5303.7	4555.8	3328.0	2951.2	2561.5	2943.2	2763.6	2524.7	2193.9
개질재(MPa)	5992.2	4998.5	3434.4	3040.7	3026.7	2716.6	2666.7	2787.6	2003.6

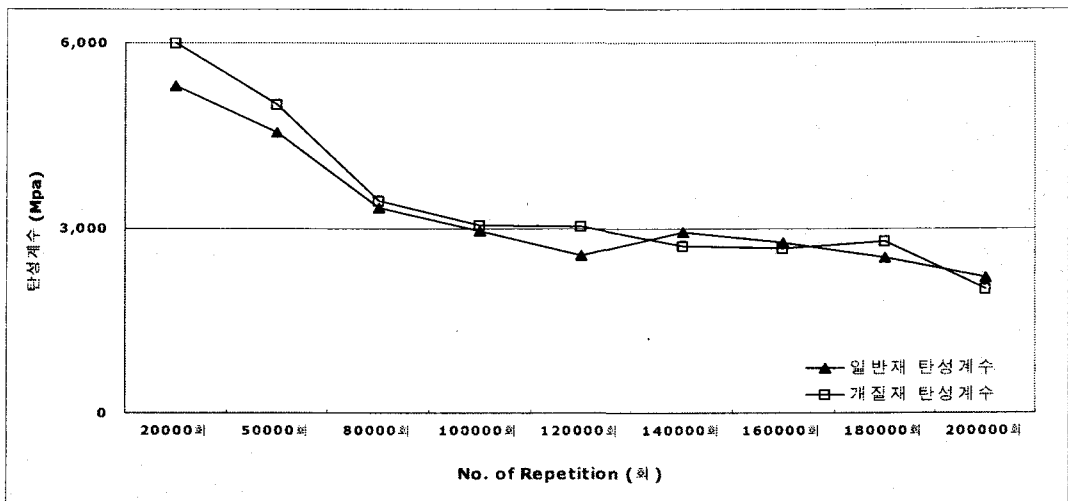


그림 5. Portable FWD를 이용한 탄성계수 추정

### 3.3 균열

초기 피로균열은 하중이 약 30,000회 통과 후에 일반 밀입도 아스팔트 포장의 고무판 부근에서 발생하였다. 이후로 계속해서 고무판 부근에서 피로균열이 발생하였으며 고무판 매설 지역이 아닌 일반 지역에서는 약 160,000회 하중 통과 후에 피로균열이 발생하였다. 개질아스팔트의 경우에는 고무판 매설 지역이 아닌 일반 지역에서는 균열이 발생하지 않았다. 하지만 실험 종료 후 포장면을 건어낸 뒤 하부에 균열이 발생한 것을 확인할 수 있었다. 다음의 그림 6~11은 횡수별 균열발생상황을 보여주고 있다.

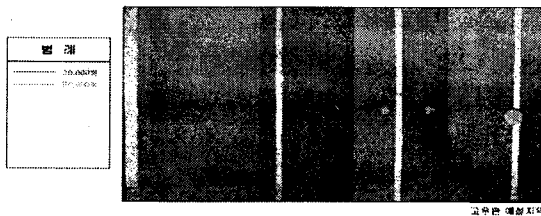


그림 6. 50,000회 하중적용 후 균열발생상황 (일반재)

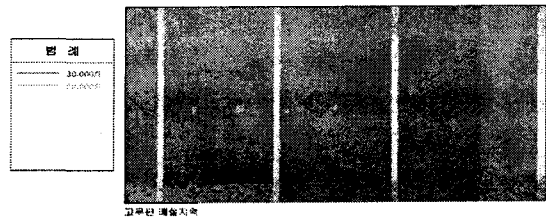


그림 7. 50,000회 하중적용 후 균열발생상황 (개질재)

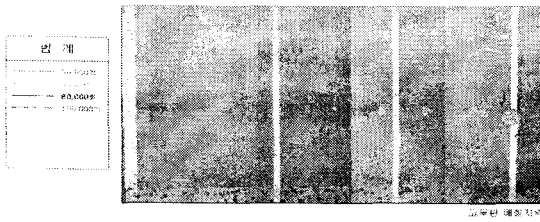


그림 8. 120,000회 하중적용후 균열발생상황 (일반재)

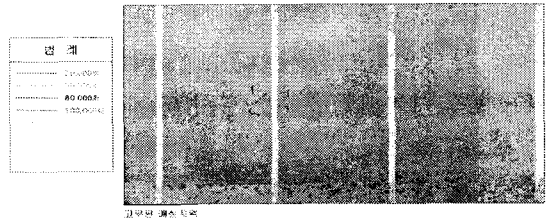


그림 9. 120,000회 하중적용후 균열발생상황 (개질재)

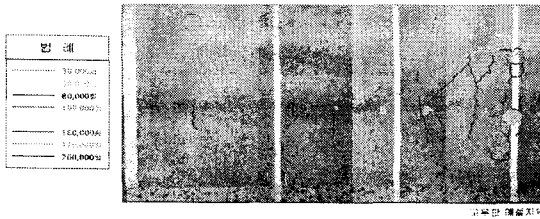


그림 10. 200,000회 하중적용후 균열발생상황 (일반재)

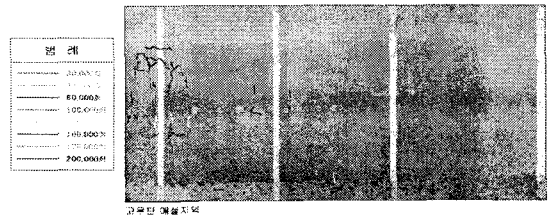


그림 11. 200,000회 하중적용후 균열발생상황 (개질재)

균열의 진행상황을 보기 위하여 실험종료 후 포장면의 코어를 채취하여 높이별로 코어를 절단(Slice)하여 균열을 관찰 하였다. 그림 12는 코어의 가장 상부의 윗면과 아랫면을 보여주며 그림 13은 같은 코어의 가장 하부의 윗면과 아랫면을 보여주고 있다. 이 같은 방법을 통하여 균열이 어떻게 진전되는지 알 수 있었다.

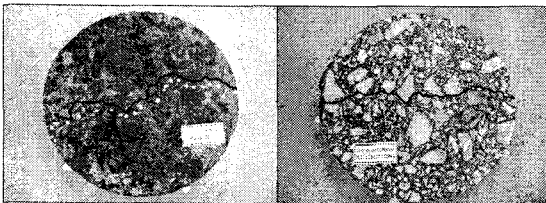


그림 12. 코어시료를 통한 균열 발생상황 (상부)

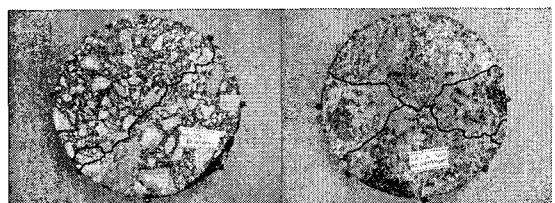


그림 13. 코어시료를 통한 균열 발생상황 (하부)

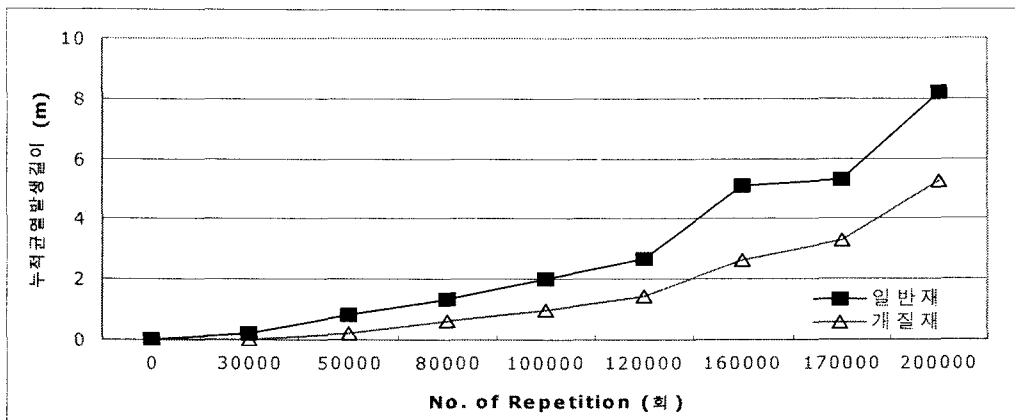


그림 14. 일반재와 개질재의 균열발생길이



#### 4. 결 론

본 연구 범위 내에서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 지하수위 조절 및 표층 생략 시 약 20만회의 하중 통과로 포장가속시험의 피로균열 모사시험이 가능하였다.
- (2) 본 연구에서 사용된 2종의 개질 아스팔트는 일반 아스팔트에 비해 피로균열 저항성이 우수하다는 것을 확인하였다.
- (3) 고무판을 매설한 지역은 일반 지역에 비해 균열발생량이 많은 것을 확인하였다. 이는 고무판으로 인하여 포장하부의 지지력이 약해짐에 따라 더 큰 인장응력이 발생하였기 때문으로 분석된다.
- (4) 포장면에서 채취된 코어를 Slice하여 각 층별로 발생한 균열을 확인함으로써 균열이 어떻게 진전되는지를 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 포장가속시험을 이용하여 포장면의 균열을 확인하여 피로균열 시험을 성공적으로 수행하였다. 하지만 약간의 Underdesign 요소가 포함되어 있으므로 향후 표층을 포함한 완전한 포장구조상에서의 Full-Scale 피로균열 시험이 추가되어야 할 것이다. 또한 본 연구에서 축적한 Data를 통하여 피로균열 모델을 개발하여 한국형포장설계법에서 제시한 실내시험 피로균열 모델과 비교하여 실내시험과 포장가속시험간의 Shift-Factor를 찾는 연구가 진행중에 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 2004년도 건설교통부 “포장가속시험을 활용한 아스팔트포장 신재료 적용방안 연구” 연구비에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

- 1. 서영찬, 김준형, 배성호, “특수아스팔트 포장의 장기공용성 평가 및 개선연구”, 건설핵심기술연구개발사업 최종보고서, 건설교통부, 2003
- 2. Kim, J.H, Y.C Suh, S.A Kwon, and S.H Bae, “Evaluation of Rutting Resistance of Modified Asphalt Concrete by Accelerated Pavement Testing”, ICPT 2005, Seoul
- 3. 강민수, “차량 Wandering의 포장손상 저감 정량화 연구”, 한양대학교 석사학위 논문, 2001
- 4. Hugo et al, “NCHRP synthesis 325”, TRB, 2004, Washington, D.C.