



한국도로포장공학회지
第1卷 1號 1999年 10月
pp. 97 ~ 106

전단 반사균열 모사 실험방법 개발 및 적용성 연구

Development and Evaluation of Accelerated Reflection Cracking Test System in Shear Mode

김광우* · 임성빈** · 도영수*** · 이석근****

Kim, Kwang Woo · Yim, Sung Bin · Doh, Young Soo · Rhee, Suk Keun

ABSTRACT

This study was conducted to develop a test system for evaluating resistance against reflection cracking in shear mode caused by wheel load in asphalt concrete overlaid on the deteriorated cement concrete pavement. Reflection cracking resistance of selected polymer modified asphalt(PMA) mixtures with and without reinforcement was evaluated using this test system. It was shown that the test results accounted for the effectiveness of materials and reinforcement characteristics in terms of the difference in the resistance against reflection cracking. A shear failure life of a certain mixture was estimated with a high coefficient of determination, when the test results were used in a well known prediction model. Therefore, it seemed to be possible to use this technique for predicting a relative service life of on overlay.

Key word : Reflection cracking, Asphalt pavement overlay, Shear failure life, Dynamic stability

요 지

본 연구에서는 노후된 기존 콘크리트 포장위에 아스팔트 덧씌우기를 했을 때 윤택중으로 인하여 발생하는 전단 반사균열을 모사할 수 있는 실내 실험방법을 개발하였다. 또한 각 혼합물의 기본 특성시험을 토대로 본 연구에서 개발한 실험방법을 사용하여 각 혼합물의 전단 반사균열 저항 특성을 비교·분석하였다. 그 결과 본 연구에서 개발한 실험방법을 사용하여 측정된 전단 반사균열 저항 특성이 재료 및 보강 효과의 차이를 적절히 보여 현장에서의 상황을 잘 모사할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 일부 혼합물에 대하여 기존 피로수명 예측모델을 이용하여 전단 파괴수명을 예측한 결과 높은 상관성을 보여 향후 포장의 수명을 상대적으로 예측하는 것이 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : 반사균열, 아스팔트 포장 덧씌우기, 전단 파괴수명, 동적안정도

* 정회원 강원대학교 농공학부 부교수

** 정회원 (주) 회송지오테크

*** 정회원 강원대학교 대학원 박사과정

**** 정회원 경희대학교 토목공학과 교수



1. 서론

여러가지 도로 파손 형태 중에서 도로 공학자들의 관심을 끌고 있는 중요한 문제중 하나가 아스팔트 덧씌우기 층에서 발생하는 반사균열(Reflection crack)이다. 반사균열이란 균열이나 줄눈부가 존재하는 기존 콘크리트 포장 위에 아스팔트 콘크리트로 덧씌우기(Overlay)를 했을 때, 윗층과 환경적인 요인 때문에 기존층에 존재하던 균열이나 줄눈 등이 덧씌운 아스팔트 층으로 진전되어 표면에 균열이 나타나는 것을 말한다.

이러한 반사균열을 억제하고 안전한 포장면을 유지하기 위해서는 덧씌우기를 어떠한 재료로 할 것인지를 결정하는 것이 필요하며, 이들의 성능을 사전에 평가하기 위해서는 적절한 실내 실험방법이 필요하다. 외국의 경우 반사균열을 모사할 수 있는 실험기법들이 개발되어 연구에 사용되고 있지만, 국내의 경우 이러한 것들을 적절히 모사할 수 있는 실험방법이 아직까지 개발되어 있지 않은 실정이다. 그러나 외국에서도 수직 반복하중으로 전단을 야기하는 실험은 별로 다루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 반사균열 발생원인에 대해 살펴보고 이를 바탕으로 현장조건과 유사한 전단 반사균열을 모사할 수 있는 비교적 간단한 실내 축진 실험방법을 개발하는 것이다. 또한 개발된 실험방법을 사용하여 여러 가지 아스팔트 혼합물의 반사균열 저항특성을 비교·분석하고 그 적용성을 평가하였다.

2. 전단 반사균열 모사 실험방법의 개발

2.1. 반사균열의 발생원인

반사균열의 주된 발생원인으로 환경적인 요인과 윗층을 들 수 있다. 환경적인 요인은 온도와 관계된 사항들로써 온도의 변화는 콘크리트

기층의 수축과 팽창을 일으킨다. 콘크리트 기층과 덧씌우기 표층이 완전 밀착된 경우에 기층의 이러한 수축과 팽창은 표층에 응력집중을 야기하여 파괴모드 I 균열을 발생시켜 덧씌운 층의 바닥에서 위로 균열이 진전되어 올라오게 하는 주된 원인이 된다(Rigo 1993).

차륜은 포장면에 수직으로 하중을 가하게 되며 특히 균열이나 줄눈부 위를 윗층이 통과할 때 표층에 전단력과 동시에 휨모멘트를 일으킨다. 이 경우 전단력은 파괴모드 II 균열을, 그리고 휨모멘트는 파괴모드 I 균열을 야기시킨다. 이 두 가지 중 대부분의 경우 파괴모드 II 균열이 지배적인 요인이 된다(Joseph 1987).

2.2. 반사균열의 발생 메카니즘

포장체가 건설된 후 공용상태에 놓이게 되면 지속적인 윗층을 받게 된다. 이것은 덧씌우기 층에 추가적인 전단응력을 유발하여 파괴모드 II의 균열을 발생시키고, 온도응력으로 형성된 균열들을 진전시키는 등 반사균열은 복합적으로 발생·진전된다. 윗층하에 있는 덧씌우기 층 내에서의 최대응력은 기존 포장체의 균열 위에서 발생할 것이고, 기존 균열의 간접적인 영향을 받아 균열성장의 발달이 되는 장소가 될 것이다(Monismith & Coetzee 1980).

줄눈부나 균열부에서의 처짐은 통과차량의 하중 크기, 하중 전달능력과 지반층의 지지력에 따라 각각 다르고, 균열이나 줄눈부 등의 슬래브의 단절은 부분적인 응력집중을 야기시킨다(Vanelstraete et al. 1997). Fig. 1은 아스팔트 덧씌우기층에서 전단응력에 의한 파괴 메커니즘을 나타낸 것이다.

이를 간략히 묘사하여 살펴보면, 이동하는 윗층에 의하여 기존 콘크리트의 균열 위에 덧씌운 아스팔트 포장층에는 Fig. 2에서와 같이 빗금친 부분에 전단구간이 형성되고 차륜이 한번 왕복할 때마다 두 번의 전단응력이 발생한다. 이때 발생하는 전단응력은 빗금친 구간(갭구간)에서 일정하게 $\tau = W/A$ 가 될 것이다. 여기서



W는 윤하중이고 A는 갭부분의 수직 단면적이다. 따라서 반복되는 차륜의 이동은 전단구간내에 반복하여 전단응력을 야기하고, 이는 누적변형을 일으켜 결국 균열의 시작과 진전을 초래하게 된다.

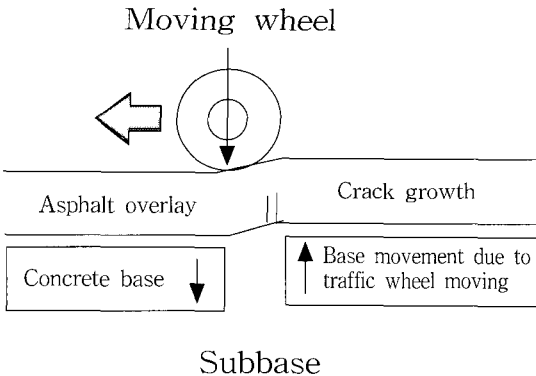


Figure 1. Mechanism of mode II crack in asphalt overlay(Nunn 1989)

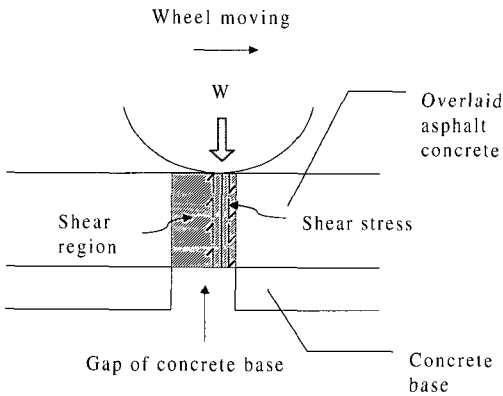


Figure 2. Description of shear stress mechanism induced by a moving wheel

2.3. 모사 실험방법의 개발

외국의 경우 반사균열을 모사할 수 있는 실내 실험 방법들이 많이 연구되어 왔지만 그 기법이

조금씩 다르고 아직까지 국내외에서 현장조건을 적절히 모사할 수 있는 표준 실험방법이 없다. 따라서 본 연구에서는 현장조건을 적절히 모사할 수 있는 전단 반사균열 모사 실험방법을 Fig. 3과 같이 고안하였다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 본 연구에서 모사한 방법은 10mm 갭 (Gap: 균열)이 존재하는 강성포장 위에 아스팔트 덧씌우기를 한 포장구조를 모사한 시험체위에 윤하중이 작용하는 형태를 고안한 것이다. 특히 윤하중으로 인해 발생하는 두가지 응력형태 중에서 균열진전에 더 큰 영향을 미치는 전단응력을 발생시키기 위해 윤하중을 왕복 이동시키는 비교적 단순한 기법을 사용하였다.

기존 포장층과 아스팔트 덧씌우기층의 경계면

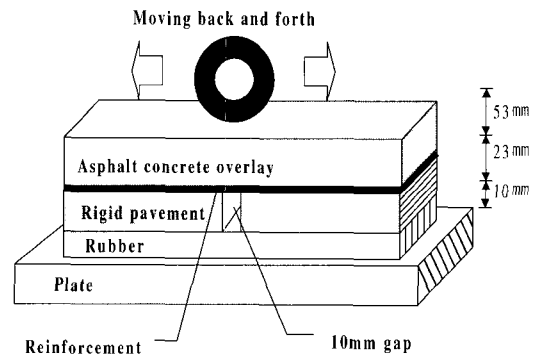


Figure 3. Developed test device for simulating shear mode(mode II)

에 텍코우트를 하였으며, 보조기층의 탄성지지를 모사하기 위해서 고무패드를 공시체 바닥에 깔았다. 윤하중이 공시체 위에서 좌우로 이동하는 방식으로 설계된 이 시험기는 하중의 크기를 변화시킬 수 있으며 또한 내부에 온도조절장치를 설치하여 온도조절이 가능하다.

이 경우 윤하중의 크기와 포장두께는 전단응력과 직접적인 관계가 있으며, 윤하중의 반복주기는 점탄성체인 아스팔트 콘크리트의 변형회복과 관계가 있고, 온도는 아스팔트 콘크리트의



강성과 관계가 있어 매우 중요한 요소이다. 또한 콘크리트의 간격(Gap)과 고무패드의 탄성도 실험결과에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 따라서 이 각 요소에 대한 영향을 분석하기 위해서는 모두에 대한 다양한 실험이 필요하나 이는 그 자체만으로도 방대한 연구가 될 것이다. 따라서 본 연구에서는 이 모든 것들을 한가지로 고정하고 단지 공시체인 아스팔트 콘크리트를 바꾸어 혼합물 및 보강재료별 차이를 상대 비교하였다.

3. 적용성 시험

3.1. 사용재료

아스팔트는 우리나라 중부지역에서 널리 사용되고 있는 AP-3 아스팔트를 사용하였다.

골재는 영서지방에서 생산되는 편마암(Gneiss) 색석을 굵은골재로 사용하였으며, 잔골재는 굵은골재를 생산하는 과정에서 발생하는 부순모래(Screenings)를 사용하였다. 굵은골재는 최대치수를 19mm로 하여 잔골재, 채움재와 혼합하여 건설교통부 19mm 밀입도 규격에 적합한 입도로 조정하여 사용하였다. 또한 골재들은 KS규정에 따라서 품질시험을 실시하였다.

본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 품질을 개선하기 위하여 폴리머, 화이버를 사용하였고, 층 보강재료로 아스팔트 포장의 바닥에 그리드를 부착시켜 각각의 경우에서의 반사균열 저항성을 개발된 실험기법으로 판별이 가능한지 규명하였다. 여기서 사용된 보강재료들은 기존의 모드 I 반사균열 연구(Kim et al. 1998)에서 일반 아스팔트 혼합물과 비교하여 비교적 우수한 성능을 나타낸 것들로 선택한 것이다.

사용된 LDPE(Low-density polyethylene)와 SBS(Styrene-butadiene-styrene) 두 가지 폴리머에 대한 자세한 성질은 문헌(김광우 등 1998, 이석근 등 1997)에 주어졌다. 두 종류

의 폴리머는 사전에 아스팔트에 혼합 하였으며, LDPE는 아스팔트 중량의 6%, SBS는 아스팔트 중량의 5%를 각각 사용하였다.

카본 블랙(Carbon black)은 LDPE와 병행하여 사용하였다. 이는 페타이어로부터 추출된 것으로 국내에서 생산되어 구입이 가능한 외형이 고운 검은색 분말이다. 폴리머와 함께 사용된 카본 블랙은 아스팔트 중량의 10%를 혼합물 제조시 골재와 함께 섞어 사용하였다.

본 연구에서는 일반 아스팔트 혼합물의 취약점을 개선하고 반사균열에 대한 저항성 향상을 위해서 화이버를 첨가한 보강 아스팔트 혼합물을 콘크리트 포장위의 덧씌우기 재료로 사용하는 경우를 고려하였다. 화이버의 함량은 제조사가 권유하는 범위인 혼합물 총 중량의 0.12%~0.38% 중에서 0.35%를 첨가하였다. 화이버 보강 아스팔트 혼합물의 배합에서는 화이버의 균일한 분포를 위하여 골재를 계량한 후 가열 오븐에 넣기 전에 첨가하여 30초간 마른비빔을 실시하였다.

그리드는 유리섬유(Glass fiber) 재료로 만들어 강성포장 덧씌우기에 적합하며, 자체부착력이 있으며 롤형식으로 되어있어 현장에서 시공이 용이한 것을 선택하였다. 그리드의 사용은 덧씌운 층의 밑면에 작용하는 인장응력과 전단응력을 완화함으로써 균열의 진전을 지연시키는 보강층의 역할을 할 것으로 판단되었다. 그 특성은 Table 1과 같다.

3.2. 모사 실험방법

전단 반사균열 모사실험에 앞서 각 혼합물에 대하여 배합설계를 수행하여 최적 아스팔트 함량을 결정하였다. 결정된 최적 아스팔트 함량으로 실험용 공시체를 제작하였다.

Table 1. Physical properties of glass fiber grid

Tensile force	Unit weight	Mesh size	Modulus of elasticity
20kg/m × 10kg/m	650 g/m ²	12.5×12.5mm	700.000 kg/cm ²



Figure 4. Compaction of slab specimen

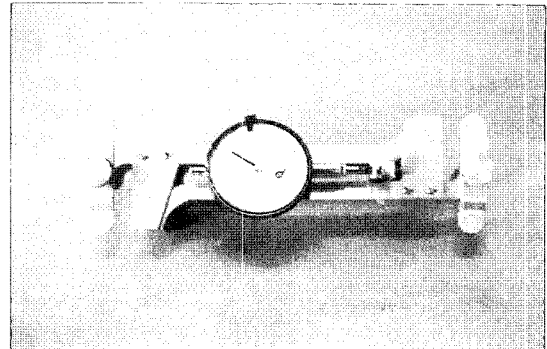


Figure 5. Demec gauge

공시체의 제작은 현장의 다짐조건을 최대한 모사하기 위하여 1톤 소형 진동로울러를 사용하여 슬래브 형태로 제작하였다(Fig. 4). 슬래브의 크기는 $340 \times 240 \times 53\text{mm}$ (가로 \times 세로 \times 두께)가 표준이 되도록 하였다. 또한 그리드는 모울드 바닥에 깔고 혼합물을 부은 후 다짐하여 일체가 되도록 하였다. 제작된 슬래브 공시체는 물성을 측정하여 공극율이 $4 \pm 0.5\%$ 가 되면 사용하고 그렇지 않으면 다시 제조하였다. 하나의 슬래브 공시체를 절단기로 3등분하여 $76 \times 340 \times 53\text{mm}$ 의 빔공시체로 만들어 $76 \times 165 \times 23\text{mm}$ 의 콘크리트 블록을 10mm의 간격을 두고 Fig. 3과 같이 아스팔트 공시체 밑에 부착하였다. 이 시험체는 2일간 상온에서 양생한 후 실험하기 5시간 전에 실험온도인 25°C 의 항온실에 넣었다가 실험에 사용하였다.

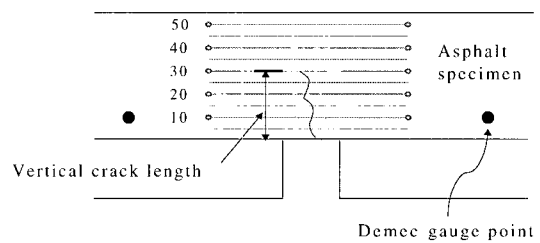


Figure 6. Illustration of demec gauge point, vertical crack length in a specimen

실험장치는 직경 200mm의 강재 바퀴가 200mm 거리를 왕복하고 1분당 30회를 왕복하는 반복주행 시험기를 이용하였으며 하중은 100kg을 재하하였다. 아스팔트 혼합물의 수평변위는 Demec gauge(Fig. 5)를 사용하여 500 cycle마다 Fig. 6에서와 같이 공시체에 표시된 포인트의 수

Table 2. Description of various asphalt mixtures

Mixtures	Description
AP	Normal asphalt mixture
APG	Glass fiber grid (GG) reinforced AP mixture
APFG	Polyester fiber (PF) and GG reinforced AP mixture
LC	LDPE and Carbon black (CB) modified asphalt mixture
LCG	GG reinforced LC mixture
LCFG	PF and GG reinforced LC mixture
S	SBS modified asphalt mixture
SG	GG reinforced S mixture
SFG	PF and GG reinforced S mixture



평 간격변화로 측정하였다. 이 값으로부터 혼합물이 1mm의 수평변위가 발생하는데 몇회의 하중반복이 필요한지를 나타내는 동적안정도(Dynamic stability : DS)를 구하였다. 또한 수직균열 길이는 관찰을 용이하게 하기 위하여 빔공시체의 한쪽 면을 흰색 페인트로 칠하여 하중반복에 따른 수직균열 길이를 500 cycle마다 육안으로 측정하였다. 실험은 수직균열이 공시체의 전체 높이에 도달할 때까지 수행하였으며 이를 전단 파괴수명(Shear failure life)으로 규정하였다. 각각의 혼합물에 대한 명칭은 Table 2와 같다.

또한 본 실험방법이 반사균열 저항성을 얼마나 효과적으로 평가할 수 있는지 검증하기 위해서 일부 혼합물에 대해서 식 (1)과 같은 피로수명 예측모델을 이용하였다. 이때 70, 100, 130kg의 하중을 재하했을 때 작용하는 전단응력과 전단 파괴수명과의 관계를 나타낸 S-N 곡선을 그렸다. 이때의 전단응력은 Fig. 2의 전단 면적, 즉 공시체의 단면적(폭×높이 = 7.6×5.3 = 40.28 cm²)을 사용하여 식 (2)에 의해서 구하였다. 또한 이 자료들을 회귀분석하여 식 (1)의 전단 파괴수명식의 재료상수 K_1 과 K_2 를 구하였다.

$$N_f = \left(\frac{\sigma_a}{K_1} \right)^{\frac{1}{K_2}} \quad (1)$$

여기서 K_1, K_2 는 재료상수

$$\tau = \frac{W}{A} \quad (2)$$

여기서, τ = 전단응력(kg/cm²)

W = 운하중(kg)

A = 전단면적(cm²)

4. 결과 및 고찰

4.1. 혼합물의 기본 특성

배합설계를 통해 각 혼합물의 최적 아스팔트 함량은 약 5% 근처에서 결정되었으며, 최적 아스팔트 함량으로 제작한 각 혼합물의 기본 특성은 Table 3과 같다. Table 3에서 알 수 있듯이 공극율의 경우 LC와 SF는 4.2%로 약간 높게 나타났고, 나머지 혼합물은 약 3.4%로 나타났다. 채움율(VFA)의 경우 LC와 SF 혼합물은 국내 채움율 규정인 75%이하로 나타났으며, 나머지 혼합물은 규정을 만족하였다. 흐름치의 경우 PMA와 화이버를 사용한 혼합물들이 대체적으로 높게 나타났다. 안정도의 경우 LCF, LC, APF가 1700kg 이상으로 높게 나타났으며, S, SF의 경우 AP와 비교하여 안정도의 향상은 없었다. 간접인장강도의 경우 AP보다 개질재와 화이버를 사용한 혼합물이 약간 높은 값을 보였다.

Table 3. Basic properties of mixtures

Item \ Mixture	Spec.	AP	LC	S	APF	LCF	SF
OAC (%)	-	4.8	4.5	5.1	5.2	5.0	5.2
Air void (%)	3-5	3.24	4.16	3.34	3.41	3.69	4.28
VFA (%)	75-85	77.7	72.2	78.3	78.3	75.9	73.7
Flow(0.01cm)	20-40	27	32	37	35	32	33
Stability(kg)	> 750	1618	1781	1407	1779	1986	1618
ITS (kg/cm ²)	-	8.5	8.9	9.7	8.9	11.6	10.0



며, 이 둘을 함께 사용하면 혼합물의 간접인장 강도가 훨씬 높게 증가함을 알 수 있었다.

4.2. 전단 반사균열 저항 특성

Table 4는 100kg 운하중으로 인한 전단 반사 균열 모사실험을 통해 얻어진 반사균열 저항특성 결과를 나타낸 것이다. 각 혼합물들의 전단 파괴수명은 Table 4에 나타냈는데 특히 그리드를 바닥에 보강함으로써 크게 향상되는 것을 알 수 있었다.

아스팔트별 전단 파괴수명을 살펴보면, 전체적으로 폴리머 개질 아스팔트가 AP보다 상당히 높은 전단 파괴수명을 보였으며, 폴리머 개질 혼합물별로는 LC가 S보다 더 높은 전단 파괴수명을 보였다. 개질 아스팔트가 높은 전단 파괴수명을 나타내는 것은 일반 아스팔트에 폴리머를 첨가함으로써 기대되는 강도의 향상에 따라 개질 아스팔트가 반사균열의 발생 및 진전을 지연시키는 효과를 나타내기 때문인 것으로 판단된다.

AP의 수평변위는 낮은 주기에 순간적으로 크게 확장되는 것으로 나타났으나 전체적으로 개질 아스팔트나 보강재를 사용한 혼합물들은 수

직균열의 발생과 진전에 의한 수평변위의 확장이 작고 완만하게 발생했다. 균열의 양상은 Fig. 7과 Fig. 8에서 보듯이 AP의 경우는 형태가 뚜렷하게 나타났지만 다른 혼합물의 경우는 주균열이 없이 미세한 균열이 분산되어 여러개로 나타나는 경향을 보였다. 이처럼 반사균열의 확장을 저지하기 위해서는 개질 아스팔트를 사용하거나 혼합물의 바닥에 보강재를 사용하는 것이 효과적이며 이 둘을 함께 사용하는 것이 반사균열 저항성을 향상시키는데 더 효과적인 것으로 판단된다.

동적안정도는 AP의 바닥에 그리드의 단순 보강으로도 수평변위의 확장을 지연시킬 수 있어 높은 값을 보였다. 그러나 그리드로 단순보강하는 것보다는 개질 아스팔트와 결합하여 보강하는 것이 동적안정도가 더 커 반사균열의 진전을 보다 효과적으로 저지할 수 있는 것으로 나타났다.

수직균열 진전비는 하중 1 cycle에 수직균열이 얼마나 많이 진전되는가를 나타내는 것으로 Table 4에서 보는 바와 같이, 그리드가 효과적으로 나타났으며 AP에 비해 개질 아스팔트 혼합물, 특히 LC가 수직균열이 아주 느리게 진전하는 것을 알 수 있었다.

Table 4. Reflective crack resistance under a wheel load of 100kg

Mixture	Shear failure life (cycle)	Final horizontal displacement (mm)	Horizontal DS (cycle/mm)	Vertical crack growth rate (mm/cycle)
AP	3,500	3.28	65.780	1.82×10^{-2}
APG	8,500	1.057	17.915	0.69×10^{-2}
APFG	11,000	0.729	43.478	0.47×10^{-2}
LC	16,000	1.582	28.139	0.45×10^{-2}
LCG	30,000	0.432	213.286	0.17×10^{-2}
LCFG	47,500	1.713	114.213	0.11×10^{-2}
S	9,000	1.109	20.270	0.69×10^{-2}
SG	28,500	0.704	178.899	0.22×10^{-2}
SFG	34,500	0.692	180.327	0.17×10^{-2}

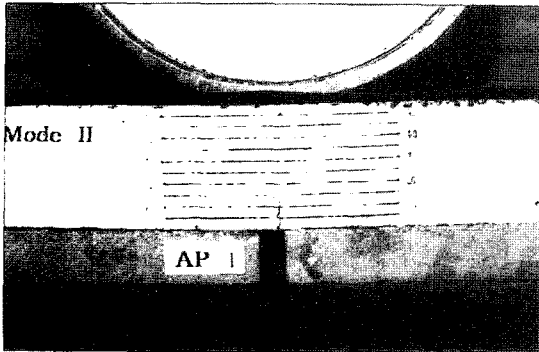


Figure 7. A typical major crack in AP mixtures

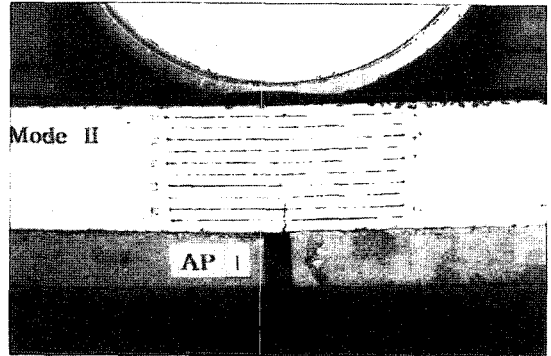


Figure 8. Typical crack pattern in SG mixtures

또한 균열진전을 육안으로 관찰한 결과, AP의 경우는 밀면에서부터 균열이 진전되는 반면에 그리드를 사용한 혼합물의 경우는 밀면보다 약간 위쪽에서 균열이 발생하여 위·아래로 진전하는 경향을 보였다. 이는 보강재를 사용함으로써 밀면에 작용하는 응력에 대한 저항성을 강화시키기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과를 통해 볼 때, 본 실험방법은 아스팔트 혼합물의 차이에 따른 반사균열 저항성의 차이를 분명하게 구분할 수 있어 재료간의 상대비교가 가능함을 알 수 있었다.

4.3. 전단 파괴수명의 예측 및 적용성 평가

전단 반사균열 저항성이 우수하게 나타난 개질 아스팔트 혼합물인 LC 및 LCFG와 비교용으로 AP에 대해서 전단 파괴수명을 예측하기 위해서 식 (1)을 사용하였다. 혼합물에 대해서 응력의 변화와 전단 파괴수명과의 관계를 Fig. 9

에 나타내었다. 그림에서 보듯이 AP는 왼쪽에 치우친 반면에 LC와 LCFG는 오른쪽에 위치한 것을 볼 수 있다. 이는 LC와 LCFG가 전단 파괴에 대한 저항성이 더 우수하다는 것을 보여주는 것이다. 또한 회귀분석을 통해 이 추세선으로부터 식 (1)의 재료상수를 구하여 Table 5에 나타내었다.

이 결과로부터 각 혼합물의 전단 파괴수명을 예측할 수 있었다. 만약 운하중에 의해서 2kg/cm²의 전단응력이 발생한다면 AP는 5,300 cycle, LC는 22,500 cycle, LCFG는 55,000 cycle만에 전단 파괴가 일어나 AP에 비해 LC는 4.3배, LCFG는 10.4배의 전단 파괴수명이 증가함을 예측할 수 있었다.

이상에서 살펴본것처럼 전단 반사균열 모사 실험방법을 사용하여 전단 파괴수명을 예측할 경우 r²이 0.94이상으로 상관성이 매우 높게 나타났다. 물론 현장에서는 보다 많은 변수들이 작용하겠지만 이러한 실내 모사실험으로 얻어진 S-N 곡선을 통해서, 만약 현장에서 작용하는 응

Table 5. Results of fatigue characterization

	K_1	K_2	r^2
AP	27.40	-0.3050	0.9395
LC	158.57	-0.4366	0.9626
LCFG	52958	-0.9327	0.9554

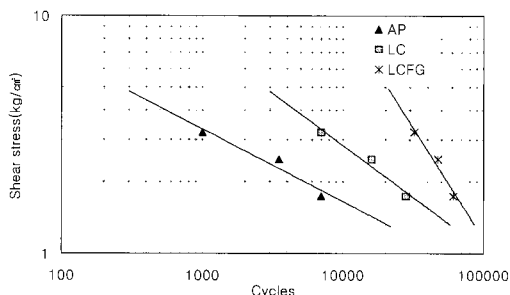


Figure 9. S-N curve for shear reflection crack test

력만 알 수 있다면 전단 파괴가 일어나는 포장체의 수명을 예측하는 것이 어느 정도 가능할 것임을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 본 실험방법이 반사균열을 적절히 평가할 수 있는지 기존의 연구를 토대로 비교해 보았다. Rigo 등(1989)은 빔 실험장치를 이용한 실험결과에서 일반 아스팔트 혼합물보다 보강재를 사용한 혼합물의 피로수명이 약 1.8배 정도 향상되었으며, 개질 아스팔트와 보강재를 사용한 혼합물의 경우에는 약 7배 정도의 피로수명이 향상되었다고 발표하였다. 이는 본 연구에서 나타난 보강재와 개질 아스팔트 혼합물의 효과와 정도의 차이는 있지만 유사하였다. 또한 Fig. 6에서 보듯이 응력수준이 낮아질수록 재료간의 수명차이가 줄어드는 것으로 나타나 현실적으로 매우 타당성이 있는 결과임을 알 수 있었다. 또한 다른 기존의 연구(Kim et al. 1996)를 살펴볼 때 일반 아스팔트 혼합물보다는 개질 아스팔트나 보강재를 사용한 혼합물의 피로수명이 증가하는 경향을 보여 본 연구에서 개발한 전단 반사균열 실험을 통해 이와 유사한 결과가 얻어져 그 활용 가능성이 충분히 있다고 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 노후된 기존 콘크리트 포장위에 아스팔트 덧씌우기를 했을 때 윤하중으로 인

하여 발생하는 전단 반사균열 모사 실험방법을 개발하였다. 또한 각 혼합물의 기본 특성시험을 토대로 각 혼합물의 전단 반사균열 저항특성을 개발된 기법을 사용하여 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 연구에서 가장 반사균열 저항성에 효과적인 혼합물은 LCFG, SFG, LCG 순으로 나타나 기존의 다른 기법을 통한 연구결과와 유사하게, 개질 아스팔트와 보강재를 사용한 혼합물의 반사균열 저항성이 크게 향상됨을 본 실험기법을 통하여 확인할 수 있었다.
- 2) 본 연구에서 개발한 실험방법을 이용하여 일부 혼합물에 대해서 기존의 피로수명식을 적용하여 전단 파괴수명을 구한 결과 S-N 곡선에서 0.94이상의 높은 r^2 값을 보여 재료별 수명추정이 가능하였고, 응력수준이 낮아짐에 따라 그 차이가 줄어들어 전단 반사균열 저항특성을 규명하는데 매우 효과적인 것으로 나타났다.
- 3) 본 연구에서는 결합재 종류의 변화, 보강재료의 변화에 따른 전단 반사균열 저항성의 차이를 규명하였으나 향후 이 기법을 이용하여 덧씌우기 두께(공시체 두께)의 변화에 따른 반사균열 저항성을 추정하는 것도 충분히 가능한 것이다. 이렇게 되면 실내에서 충분히 실험한 후 적정재료와 두께로 현장에 적용함으로써 훨씬 시행착오를 줄일 수 있을 것이다.
- 4) 본 연구에서 사용한 실험장치는 수평변위를 수동으로 측정하여 수평변위 측정시 발생할 수 있는 측정오차에 대해서 고려하지 못하였다. 따라서 수평변위를 자동으로 측정할 수 있는 장치를 보완한다면 보다 정확한 자료를 얻을 수 있을 것이다.



5) 본 연구의 실험방법은 차량의 수직하중으로 인한 전단 반사균열은 적절히 모사하였다. 그러나 실질적으로 포장에는 온도응력, 지지조건 변화 등 여러 가지 복합적인 요인이 작용하기 때문에 가능한 여러 조건을 적절히 모사할 수 있는 실내 촉진 실험방법들에 대한 지속적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

6. 참고문헌

- 김광우, 이석근, 도영수, 임성빈, 이상범 (1998). "개질·보강재에 의한 아스팔트 혼합물의 반사균열 제어효과." 아스팔트 포장 공학의 첨단기술 심포지엄 논문집, 석재복합 신소재 제품 연구센터, pp. 229-256.
- 이석근, 김광우, 이광명 (1997). "포장균열 및 노면반사균열 억제방안 연구." 한국도로공사 연구보고서.
- Joseph, P. E. (1987), "Low Temperature Reflection Cracking through Asphalt Overlays." Ph.D. Dissertation, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada.
- Kim, K. W., Doh, Y. S., Lim, S. B., Rhee, S. K. and Li, X. F. (1998), "Reinforcement of Asphalt Pavement to Improve Resistance Against Reflection Cracking." Proceedings of the 5th International Conference on the BCRA, Norway, pp. 1533-1540.
- Kim, K. W., Park, Y. C. and Yeon, K. S. (1996). "Tensile Reinforcement of Asphalt Concrete using Polymer Coating." Construction and Building Materials, Vol. 10, No. 2, pp. 141-146.
- Monismith, C. L. and Coetzee, N. F. (1980), "Reflection Cracking : Analysis, Laboratory studies, and design considerations." Proceeding of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 49, pp. 268-311.
- Nunn, M. E. (1989), "An Investigation of Reflective Cracking in Composite Pavements in the United Kingdom." Proceeding of the 1st RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, Li è ge, pp. 146-153.
- Rigo, J. M. (1993). "General Introduction Main Construction of the 1989 Conference on Reflective Cracking in Pavements, and Future Prospects." Proceedings of the 2nd International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, pp.3~20.
- Rigo, J. M. et al (1989), "Laboratory Testing and Design Method for Reflective Cracking Interlayers", Proceeding of the 1st RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, Li è ge, pp. 79-87.
- Vanelstraete, A. and Francken, L. (1997). "Prevention of Reflective Cracking in Pavements," State of the Art Report RILEM Technical Committee 157 PRC.