

# 아스팔트 덧씌우기 공법

김 지원\* · 최 이 현\*\*

## 1. 머리말

노면 반사균열은 기존의 콘크리트 포장을 아스팔트 혼합물로 덧씌우기할 경우에 가장 나타나기 쉬운 포장의 파괴형태이다. 노면 반사균열의 원인은 연속한 아스팔트 덧씌우기층 하단에 존재하는 기존 콘크리트 포장 줄눈부의 불연속성이다. 노면 반사균열을 전파시키는 두 가지 요인은 콘크리트 층의 열변형과 교통하중이다 (그림 1 참조).

콘크리트층은 온도변화에 따라서 팽창과 수축을 반복하는데, 이 때 줄눈부에 열변형이 집중된다. 덧씌우기층 위에 가해지는 교통하중은 콘크리트 슬래브의 줄눈부를 통과할 때 아스팔트층에 전단과 휨변형을 일으킨다. 그 결과 이 두 가지 요인들은 모두 콘크리트 줄눈부 상단의 아스팔트 덧씌우기층에 응력을 집중시켜 노면 반사균열을 생성시키고 포장상부로 전파시킨다. 아스팔트 혼합물의 물성치는 온도에 따라서 변하는 특성을 가지고 있는데, 온도가 높을수록 연성이 높아지고 온도가 낮을수록 취성이 높아진다. 그 결과 겨울철에 절대 온도가 낮아질 경우에는 같은 변형량에 대해서도 아스팔트 덧씌우기층에 더 큰 응력이 발생하므로 파괴에 더 취약하게 된다 [Kim and Buttlar, 2001]. 그래서 노면 반사균열은 고위

도 지방에서 상대적으로 높은 빈도를 보인다.

노면 반사균열의 억제를 위한 시공은 일반적으로 콘크리트 포장에 대한 경우가 아스팔트 포장에 대한 경우보다 더 어려운데, 이는 아스팔트 덧씌우기층과 콘크리트 포장의 물성치의 차이에 기인한다. 이 특집 기사에서는 노면반사균열의 처리 방안들과 해석기법들을 소개하고 도로공사와 경희대가 공동수행한 실내시험 결과와 도로공사에서 했던 시험시공 결과를 간략하게 소개하고자 한다.

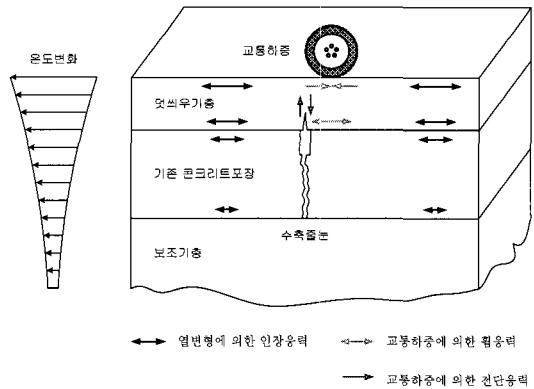


그림 1. 노면반사균열의 원인

\* 한국도로공사 도로연구소 콘크리트포장연구실 책임연구원  
 \*\* 한국도로공사 도로처 포장부장

## 2. 기존의 노면 반사균열 억제 처리 방안의 장단점

노면 반사균열을 억제하기 위해서 국내는 물론 국외에서도 여러 가지 공법이 시행되었다. 가장 간단하게는 덧씌우기층의 두께를 증가시키는 방법부터 보강재 사용이나 응력완화층의 설치 같은 복잡한 방법까지 여러 가지 공법들이 시행되었지만 어느 공법도 노면 반사균열의 문제를 완벽하게 처리하지는 못했다. 그래서 본 고에서는 노면 반사균열을 억제하기 위한 여러 공법들의 장단점을 정리하고자 한다.

### 2.1 덧씌우기 두께증가

아스팔트 덧씌우기를 콘크리트 포장 위에 시공할 경우 덧씌우기의 두께가 두꺼울수록 노면 반사균열로 인한 파괴까지 걸리는 시간을 지연시킬 수 있다. 이 공법은 역학적인 측면에서 보면 열전도 효과가 낮은 아스팔트층의 두께를 증가시켜 콘크리트층의 열변화를 감소시킴으로서 열변형에 의한 콘크리트층의 수평방향 이동량을 줄여서 덧씌우기층 하단의 응력 집중을 완화한다. 또한 두꺼운 아스팔트 덧씌우기층은 자체적인 전단강도를 증가시킴으로서 교통하중에 의한 콘크리트포장 줄눈부 수직방향 상대변위를 줄임으로서 하중에 의한 최대 응력을 감소시키는 장점이 있다. 미국에서 실험한 바에 의하면 25mm 정도의 덧씌우기 두께 증가가 평균적으로 노면 반사균열의 발생을 1년 가량 지연시킨다고 한다[Mukhtar 1994]. 가장 간단한 방법이기 때문에 자주 채택되는 편이지만, 두꺼운 덧씌우기 포장은 시공비용을 증가시키기 때문에 경제적인 혜택은 적은 편이다.

### 2.2 줄눈절단 및 실링(Sealing)

이 공법은 노면 반사균열이 생김으로서 발생하는 2차적인 포장의 파괴를 줄여주는 데 주안점을

둔 공법이다. 아스팔트 덧씌우기 시공 후에 기존 콘크리트 포장 줄눈의 위치에 맞춰서 덧씌우기층에 줄눈절단을 하고 실링(sealing)을 해준다. 이 공법은 노면 반사균열이 생길 곳에 미리 줄눈을 만들고 실링을 해줌으로서 불규칙하게 생기는 노면 반사균열을 직선으로 유도하여 차후에 보수를 용이하게 한다. 이 공법의 혜택은 불규칙한 노면 반사균열의 불완전한 보수로 인하여 생기는 2차적인 파괴를 최소화하여 덧씌우기의 수명을 증가시키는 데 있다. 그렇지만 물리적으로 노면 반사균열의 생성을 억제하는 기능은 없다.

### 2.3 기존포장 파쇄 및 안치

이 공법은 기존의 콘크리트 포장을 파쇄하는 정도에 따라서 두 가지로 나뉜다. 균열 및 안치 공법은 콘크리트 슬래브를 절단하여 몇 개의 작은 슬래브로 만든 후에 덧씌우기를 하고, 파쇄 및 안치 공법은 콘크리트 슬래브를 완전히 파괴하여 골재화 한 이후에 덧씌우기를 한다.

균열 및 안치 공법은 기존의 슬래브를 절단하여 몇 개의 작은 슬래브로 만들어서 온도변화에

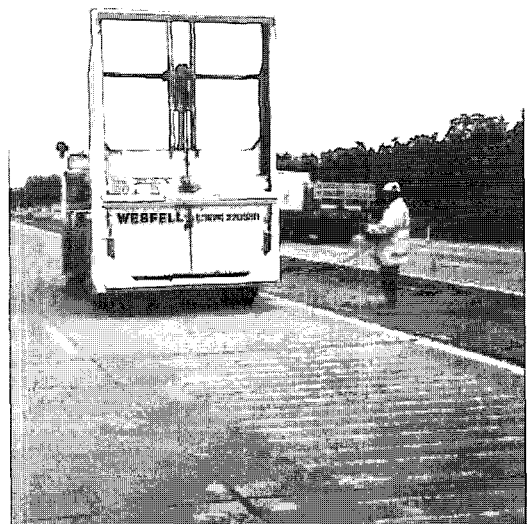


그림 2. 균열 및 안치공법

의한 수평방향 상대 변위량을 감소시켜서 덧씌우기층의 응력집중을 완화하는 공법이다(그림 2 참조). 이 공법은 콘크리트 슬래브의 하중 지지능력을 일정부분 확보함으로써 아스팔트 포장층의 교통하중을 효율적으로 분배한다는 장점이 있지만, 교통하중에 의해서 생기는 줄눈부의 수직 변형으로 생기는 덧씌우기층의 응력집중 효과를 증대시키는 단점이 있다. 역학적으로 온도변화에 의해서 생기는 노면 반사균열은 억제 가능하지만, 교통하중에 의한 노면 반사균열은 촉진할 수도 있다.

파쇄 및 안치 공법은 기존의 콘크리트 슬래브를 유압 해머를 사용하여 파쇄한 후에 덧씌우기를 시공하는 공법이다(그림 3 참조). 기존의 슬래브에 있던 줄눈이나 균열은 없어지고, 파쇄된 슬래브는 골재와 같은 역할을 한다[Thompson 1999]. 그 결과 열변형에 의한 콘크리트 포장의 수평변위와 교통하중에 의한 수직 변형으로 덧씌우기층 하단에 생기는 인장과 전단응력집중의 효과는 거의 사라진다. 역학적으로는 아스팔트 포장 아래에 두꺼운 골재 기층과 보조기층이 들어가는 것과 같은 효과를 제공한다. 아스팔트 덧씌우기층의 두

께는 신규 포장에 준하는 수준으로 결정되어야 한다. 노면 반사균열을 효과적으로 억제할 수 있는 공법이지만 신 공법인 관계로 시공비용이 현재로는 상대적으로 비싸다는 단점이 있다.

### 2.4 응력완화층 설치

일반적으로 개질재를 사용한 아스팔트 비율이 높은 미립도 아스팔트층을 응력완화층으로 사용한다. 일반적인 두께는 25mm 정도이고, 개질재를 사용한 아스팔트 혼합물의 연성을 이용하여 콘크리트 포장층의 수평방향 수직방향 상대변위를 가능한 한 흡수하여 덧씌우기층에 전달되는 상대변위량을 줄이는데 목적이 있다. 대표적인 응력완화층으로는 모래 아스팔트 혼합물이 있다. 이 공법은 덧씌우기층 하단에서 생기는 인장력을 효과적으로 줄여줄 수 있지만, 기존 콘크리트 포장의 줄눈 간격이 넓을수록 효과는 감소한다. 또한, 연성이 높은 아스팔트 혼합물층이 존재하기 때문에 교통하중에 의한 소성변형의 문제가 발생하기도 한다. 노면 반사 균열을 효과적으로 억제하지만, 덧씌우기를 하는 전체 구간에 응력완화층을 설치하게 되면 시공비용이 상승하게 되어 경제적인 효과는 적은 편이다. 그래서 심각한 노면 반사균열이 예측되는 구간에만 부분적으로 시공하기도 한다.

### 2.5 보강재 사용

보강재는 덧씌우기를 시공하기 전에 콘크리트 포장 위에 설치되거나 아스팔트 덧씌우기층 중간에 설치된다. 보강재의 종류에는 유리섬유, 폴리에스터 섬유와 철망의 세 종류가 많이 사용된다(그림 4 참조). 대부분의 보강재는 미끄러짐을 막기 위하여 격자구조로 되어있고 표면에는 아스팔트나 접착제가 도포처리 되어있다.

유리섬유 보강재(glassgrid)는 열변형률이 적고, 인장강도는 높고, 탄성계수도 커서 물리적으로는

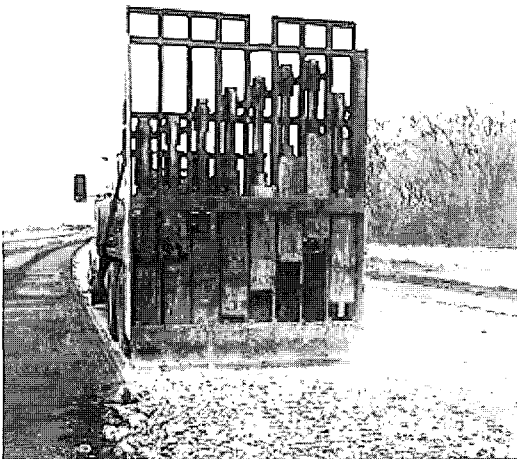


그림 3. 파쇄 및 안치공법

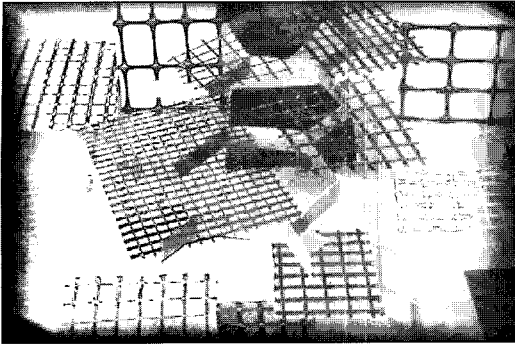


그림 4. 덧씌우기에 사용되는 보강재들

인장력에 의한 노면 반사균열의 억제에는 적당한 재질이지만 전단강도가 낮아서 교통하중에 의한 수직변형 때문에 파괴되기 쉽다. 그래서 유리섬유 보강재는 덧씌우기층 중간에 설치될 때 전단파괴를 피할 수 있고 가장 큰 효과를 발휘한다. 아스팔트나 접착제가 표면에 도포되지 않은 유리섬유 보강재는 대부분 아스팔트 혼합물과의 접착성능 저하로 노면 반사균열의 억제 효과가 적다. 접착제가 도포된 유리섬유 보강재는 설치시에 롤러로 눌러줌으로서 설치가 완료되므로 시공성은 양호하나, 아스팔트를 운반하는 중트럭이나 아스팔트 페이퍼(asphalt paver)에 의한 국부적인 파괴가 생길 수 있으므로 시공시 주의가 요망된다.

폴리에스터 섬유는 전단강도가 높고 열변형율은 작지만 인장강도가 낮고 탄성계수가 아스팔트 혼합물보다 작다. 폴리에스터 섬유는 보통 콘크리트 포장 위에 바로 설치되는데, 노면 반사균열이 생기기 전에 억제 효과는 작지만 일단 균열이 생기고 나서는 덧씌우기층의 수평변위를 억제함으로써 보강의 효과가 있다. 일반적으로 접착성능이 좋은 편이고 시공중 파괴도 거의 없는 편이다. 그러나 설치시에 인장력을 걸어서 팽팽하게 당겨줘야 효과가 증대되므로 시공의 편이성은 적은 편이다.

철망으로 된 보강재는 열변형율이 작고, 인장 전단강도는 크고, 탄성계수도 커서 보강재로는 가장 적당한 재질이지만 접착성능은 세 가지 유형

중에서 가장 낮다. 접착성능의 보강을 위한 다양한 시도가 이루어졌지만 아직 다른 두 가지 유형에 비하여 열세이다. 때로는 아스팔트 혼합물에서 완전히 분리되어 지압응력에 의한 덧씌우기층의 수평적인 파괴현상을 유발하기도 한다. 설치 시에는 포장면에 펼쳐주는 것 이외에 전혀 다른 조치가 필요 없어 가장 양호한 시공성을 보장한다.

보강재는 세 가지 유형 모두 전단력에 대한 저항은 적은 편이다. 그러므로 전단력에 의한 노면 반사균열에 저항할 수 있는 다른 시공법과 같이 시공되는 것이 덧씌우기층 수명연장에 유리하다. 포장의 전단면에 걸친 보강재의 설치는 시공비를 현저히 증가시킨다. 보강재는 가격, 접착성능과 시공편의성 면에서 제품마다 큰 차이를 보이므로 제품 선정시 시험시공이나 접착성능 실험이 권고된다.

## 2.6 토목섬유 사용법

토목섬유들은 부직포계열을 이용한 비직물(non-woven) 형태와 화학섬유를 엮어서 직물처럼 만든(woven) 형태로 구분한다(그림 5 참조). 두 가지 형태 모두 직접적인 덧씌우기층의 강도 증가를 도모하기보다는 덧씌우기층과 콘크리트층의 접착을 막아서(bond breaking) 콘크리트층의 수평변위가 덧씌우기층으로 전달되며 생기는 응력집중을 줄이는 역할을 한다. 일반적으로 콘크리트 줄눈부 상단이나 심하게 균열이 생긴 지역에 국부적으로 시공한다. 적은 비용으로 시공할 수 있는 장점이 있지만 노면 반사균열 억제 효과도 적은 편이다.



그림 5. 직물과 비직물 형태의 토목섬유

### 3. 노면 반사균열 해석 방법

노면 반사균열의 해석은 기존의 포장구조 해석과는 다른 방법을 요구한다. 기존의 해석방법은 대부분 포장구조체의 파괴를 가정하지 않은 상태에서 해석의 결과를 제공하지만, 노면반사균열의 해석은 파괴역학적인 요소를 고려해야 하기 때문이다. 또한, 온도변화에 따른 열변형과 교통하중을 함께 고려하고, 아스팔트 혼합물의 온도에 따른 물성치 변화도 고려해야 하기 때문에 해석방법이 기존의 포장구조체 해석보다 훨씬 복잡하다.

#### 3.1 Analytical solution을 사용한 해석법

노면 반사균열을 해석하기 위한 analytical solution은 지금까지 많은 연구자들에 의하여 개발되었다. analytical solution은 대부분 선형탄성론에 기초하여 만들어졌다. 미시적인 관점에서 개발된 analytical solution은 대부분 노면 반사균열의 선단부만을 고려하고 그곳에 가해지는 전단과 휨응력에 의하여 생기는 균열 선단의 파괴역학적 에너지를 계산하는 방법이 쓰였다. 거시적인 관점에서 개발된 analytical solution은 대부분 다층보이론에 기초를 두고 있다[de Bondt 1999]. 이층으로 된 보가 탄성기초 위에 있고 아래층은 가운데 균열이 들어가 있는 형태의 모델이다(그림 6 참조). 이 모델로는 노면 반사균열의 거시적 거동을 하중이나 온도 조건을 변화시킴으로서 관찰할 수 있다. analytical solution을 사용한 해석법은 간단하고 쉽게 결과를 구할 수 있는 장점이 있지

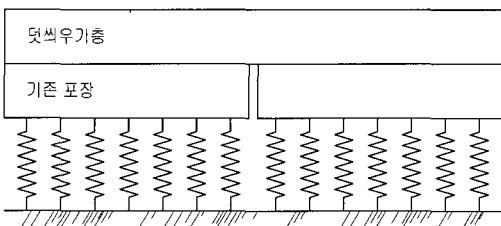


그림 6. 노면반사균열의 Analytical Solution 해석 예

만, 결과의 정확도는 상대적으로 떨어지는 편이다. 노면 반사균열을 단순화시켜 analytical solution으로 만들기 위해 도입한 가정들이 정확도를 떨어뜨리는 큰 요인이다.

#### 3.2 2차원 유한요소 해석법

기존의 노면반사균열 해석방법은 대부분 2차원 plane strain 가정과 선형 탄성 물성치를 사용하는 수준에서 행해져 왔다[Elias et. al 2000, 엄주용 등 2000]. 열변형과 교통하중이 동시에 고려되고 일부에서는 파괴역학적인 해석을 고려하기도 했다. 포장구조체를 길이방향으로 절단한 2차원 단면으로 유한요소 모델을 만들고 교통하중을 유한요소 모델의 상부에 가한다. 2차원 해석의 장점은 problem size가 작아서 해석에 걸리는 시간을 단축할 수 있다는 점이다. 그래서 최근에는 노면 반사균열의 파괴역학적 특성을 고려하는데 필요한 비선형성을 포함하여 해석한 예들을 볼 수 있다. 더 정확한 해석 결과를 도출하기 위하여 아스팔트 혼합물의 물성치를 점탄성으로 가정하여 해석하는 경우도 최근에 보편화되기 시작했다.

그러나 2차원 해석은 응력, 변형률 그리고 변위량을 상대적으로 과대 평가할 가능성이 상존한다. 노면 반사균열 문제를 2차원으로 단순화하는데 필요한 plane strain 조건은 면에 수직인 방향의 변형을 허용하지 않고 면에 수직인 방향으로 구조체의 변화를 허용하지 않는다. 그 결과 등방성을 가지는 아스팔트 혼합물의 열변형이 면에

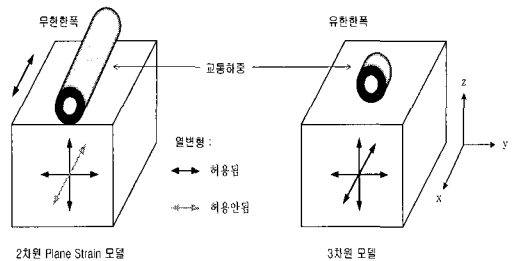


그림 7. 2차원과 3차원 해석의 차이

수직한 방향으로 허용되지 않아 면 방향으로 추가 변형이 일어나야 하고, 노면에 가해진 하중이 면에 수직한 방향으로 무한대로 길게 존재하므로 전체적인 구조거동의 과대 평가가 발생하게 된다 (그림 7 참조)[Waldhoff et. al. 2000].

### 3.3 3차원 유한요소 해석법

3차원 유한요소 해석법은 3차원적인 포장구조체를 3차원에서 그대로 묘사함으로써 모든 변형과 하중의 조건을 실제와 동일하게 고려할 수 있다. 그 결과 3차원 유한요소 해석결과가 2차원 해석결과에 비하여 더 정확하다. 그런 반면에 3차원 공간을 묘사하기 위하여 필요한 유한요소의 개수가 2차원 모델보다 월등히 많아지므로 problem size가 커지는 단점이 있다. 그 결과 파괴역학적인 측면을 고려한 유한요소 해석은 노면 반사균열 선단에 상세 해석을 위해 필요한 mesh refinement가 많은 숫자의 유한요소를 요구하기 때문에 3차원 해석에 적용하기가 어렵다.

해석에 걸리는 시간을 절약하기 위하여 열전달에 따른 온도변화의 해석은 구조적 유한요소 해석에서 분리하여 따로 실행하는 것이 유리하다. 온도변화는 일반적으로 절점에 가해지는 boundary condition이 되고 아스팔트 혼합물의 열변형량은 온도차이와 열팽창 계수에 의해 결정된다. 3차원 해석에서는 교통하중도 2차원 해석과는 다르게 실제 하중의 접촉면적을 고려하여 제한할 수 있다.

3차원 유한요소 해석의 단점인 긴 해석 시간 문제는 지속적인 컴퓨터 기술과 유한요소 해석기법의 발달로 해결책이 이미 제시되어있다. 그러나 현재 개발된 고속 병렬처리형 유한요소 해석기법들은 아직까지는 일반적인 기계와 항공구조물의 해석을 목적으로 만들어진 유한요소 해석 프로그램에만 적용이 되어있는 상태다. 현재까지 제시된 각 분야의 첨단 해석기법들을 포장구조체 해석용

유한요소 해석 프로그램에 접목시키기 전까지는 3차원 해석을 노면 반사균열 문제에 광범위하게 적용시키는 것은 아직 이르다.

### 3.4 노면 반사균열 해석법의 미래

완전한 노면 반사균열의 해석을 위해서는 열변형과 교통하중의 3차원적 고려 이외에도 노면 반사균열의 전파와 불균질한 아스팔트 혼합물의 특성을 고려해야 한다. 현재 금속류의 파괴역학적 해석분야에는 균열의 전파와 관련된 유한요소 해석기법이 이미 실용화되어 있지만 아직 아스팔트 혼합물 쪽은 초기 연구단계이다. 아스팔트 혼합물의 균열 전파 해석은 골재와 아스팔트로 구성된 아스팔트 혼합물의 불균질성과 아스팔트의 점탄성 거동 특성 때문에 균질하고 탄성에 가까운 거동을 보이는 금속류의 균열 전파 해석보다 훨씬 복잡한 문제다.

일반적으로 골재로 된 보조기층이나 아스팔트 혼합물과 같은 불균질한 매질의 물성을 고려한 상세해석에는 DEM(Discrete Element Methods)이 많이 쓰인다. 대표적인 상용 프로그램으로는 ITASKA Consulting에서 보급하는 PFC(Particle Flow Code)가 있고 여기서는 아스팔트와 같은 불균질 혼합물 내의 각 입자들의 거동을 점탄성을 고려하여 해석할 수 있다. 이 해석법은 현재 실험실 시편 수준의 해석에서는 성공적인 적용성을 보였다 그러나, 포장구조체와 같은 큰 규모의 해석에는 아직 적용하기 어렵다. 그리고 이 방법은 3차원 해석의 경우에는 아주 긴 해석시간이 소요되어 효과적이지 못하다.

다른 해석방법으로는 일반적인 유한요소법에 adaptive meshing 기법을 적용해서 균열 전파 해석을 하는 경우가 있는데, 이 방법으로는 불균질한 아스팔트 혼합물의 특성을 고려할 수는 없다. 유한요소법은 연속체 역학에 근거해서 만들어졌기 때문에 골재층이나, 아스팔트 혼합물, 콘크리트

표 1. Description of various asphalt mixture

Mixture	Description
AP	Normal asphalt mixture
APG	Glass fiber grid (GG) reinforced normal asphalt mixture
APV	Polypropylene vinyl(PV) reinforced normal asphalt mixture
LC	LDPE and CB modified asphalt mixture
LCG	GG reinforced LC asphalt mixture
LCV	PV reinforced LC asphalt mixture
LCF	Polyester fiber (PF) reinforced LC asphalt mixture
LCFG	PF and GG reinforced LC asphalt mixture
LCFV	PF and PV reinforced LC asphalt mixture
LS	LDPE and SBS modified asphalt mixture
LSG	GG reinforced LS asphalt mixture
LSV	PV reinforced LS asphalt mixture
LSF	PF reinforced LS asphalt mixture
LSFG	PF and GG reinforced LS asphalt mixture
LSFV	PF and PV reinforced LS asphalt mixture
S	SBS modified asphalt mixture
SG	GG reinforced S asphalt mixture
SV	PV reinforced S asphalt mixture
SF	PF reinforced S asphalt mixture
SFG	PF and GG reinforced S asphalt mixture
SFV	PF and PV reinforced S asphalt mixture

트층 모두 균질한 물성치로 가정하고 해석한다. 그 결과 골재와 아스팔트의 접촉면을 따라가거나 골재의 내부 균열을 따라 전파하는 노면 반사균열의 정확한 해석을 하기는 어렵다.

#### 4. 노면 반사균열 실내시험 및 시험시공 결과

도로연구소와 경희대학교가 공동으로 수행한 노면 반사균열에 대한 실내시험에서는 개질재를 사용했거나 섬유로 보강된 여러 가지 아스팔트 혼합물들의 노면 반사균열 저항 특성을 시험했다 [엄주용 등 2000]. 이 시험은 그림 6에 그려진 것과 같이 생긴 시편에 휨응력과 전단응력을 발생 시켜서 생기는 휨과 전단모드 파괴에 대한 아스팔트 혼합물들의 저항성을 평가했다. 표 1은 이

실내시험에서 사용된 아스팔트 혼합물들의 종류를 나타낸다. 일반 아스팔트(AP)와 세 종류의 개질재(LDPE: Low Density Polyethylene, CB: Carbon Black, SBS: Styrene Butadiene Styrene)가 들어간 세 종류의 개질아스팔트 (LC, LS, S)가 기본으로 사용되었다. 그리고 이 네 가지 아스팔트 혼합물에 보강재로서 유리섬유(Glassfiber)와 PV(Polypropylene Film: 비닐)이 사용되었다. 그리고 합성섬유(PF: Polyester Fiber)가 첨가된 화합물도 시험에 포함되었다.

그림 8과 9는 여러 혼합물을 사용한 실내시험의 결과를 요약해서 보여준다. 그림 8은 휨응력에 의한 Mode I 파괴시험의 피로수명 결과를 보이고, 그림 9는 전단응력에 의한 Mode II 파괴시험의 결과를 보여준다. X축은 보강재와 합성섬유의 유무, Y축은 개질재의 사용 여부를 보여주고, Z축은 추정된 포장체의 수명을 나타낸다.

이 실험결과에 의하면 일반아스팔트 혼합물과 비교하여 LC, LS와 S 개질아스팔트의 피로수명은 보강재가 없는 경우에 모두 7배 이상 증가했다. 이는 개질아스팔트가 노면 반사균열을 지연시키는데 큰 효과가 있다는 것을 의미한다.

보강재를 사용한 경우에는 PV보다는 유리섬유가 더 큰 보강효과를 보였다. 이 실험에서는 보강재가 아스팔트 덧씌우기층 하부에 위치하여 덧씌

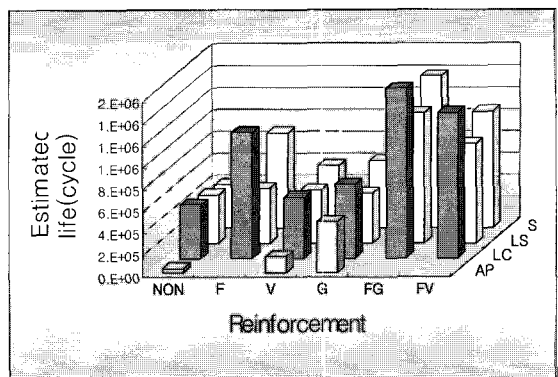


그림 8. Mode I 실험에서 여러 혼합물의 피로수명

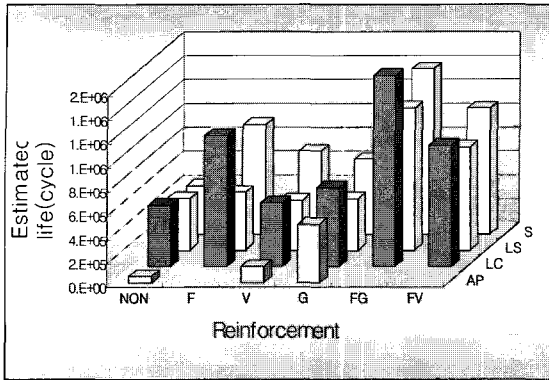


그림 9. Mode II 시험에서의 여러 혼합물의 피로수명  
우기층을 보강하므로 교통하중에 의한 휨과 전단  
응력의 집중을 줄여준다. 합성섬유가 첨가됐을 경

우도 역시 상당한 피로수명 증가 효과를 보였다. 이는 합성섬유가 혼합물의 인장과 전단 강도를 증대 시켰기 때문이다. 개질아스팔트에 합성 섬유가 첨가되고 보강재가 함께 사용됐을 경우 (LCFG, LSFG, SFG)가 가장 큰 보강효과를 나타냈는데, 이 경우에는 순수 아스팔트 혼합물에 비하여 20 배가 넘는 피로수명 증가 효과를 보였다.

이상으로 보인 바와 같은 노면반사균열에 대한 제어방안을 현장적용하기 위하여 노후콘크리트에 대한 아스팔트 덧씌우기 시험시공이 고속도로 일부 구간(경부고속도로 청원~중약 확장 구간: STA. 2+270~4+420(1,700m), STA. 1+280~2+080 (800m) 실시되었다. 시험시공은 표면상태 조사, 결합보수 및 표면청소, 응력완화층의 부착,

서울방향 ←

중분대						
1차로						
2차로	일반 아스팔트포장 (control구간)	일반아스팔트포장 + 줄눈부 Fabric 설치	섬유보강아스팔트포장	LDPE+ 섬유보강아스팔트포장	LDPE 아스팔트포장 + 줄눈부 Fabric 설치	LDPE+섬유보강 아스팔트포장 + 줄눈부 Fabric 설치
3차로	L=150m	L=150m	L=150m	L=250m	L=200m	L=800m

→ 부산방향

제 1 구간 (Fabric 적용구간)

서울방향 ←

중분대					
1차로					
2차로	일반아스팔트 포장 + 줄눈부 글라스그리드 설치	섬유보강 아스팔트포장	LDPE 아스팔트 포장 + 줄눈부 글라스그리드 설치	LDPE + 섬유보강 아스팔트포장 + 줄눈부 글라스그리드 설치	LDPE + 섬유보강 아스팔트 포장 + 전단면 글라스그리드 설치
3차로	L=200m	L=200m	L=200m	L=100m	L=100m

→ 부산방향

제 2 구간 (글라스그리드 적용구간)

그림 10. 시험시공 구간 적용공법 개략도



포설 등의 순서로 진행되었다. 1999년에 시험 시공된 이후 현재까지 노면 반사균열이 나타나지 않았으며 전반적으로 양호한 포장상태를 보이고 있다. 노면 반사균열은 장기간에 걸쳐서 생기는 문제이니 만큼 앞으로도 6개월 간격으로 현장 조사를 할 계획이다.

## 5. 맺음말

노면 반사균열의 억제는 여러 포장의 연구분야에서도 가장 어려운 과제이다. 현재 노면 반사균열 억제 공법은 세계의 포장 선진국들에서도 여러 가지 재료를 사용하여 시험시공을 해보고, 그에 따른 평가작업을 계속 진행하는 중이다. 해석방법도 간단한 2차원 Analytical solution에서부터 복잡한 비선형 3차원 유한요소 해석까지 여러 방법이 시도되고 있으며, 또한 시험시공 결과와 비교해서 개선되고 있는 중이다. 본 특집기사는 노면 반사균열의 억제를 위하여 현재 사용되고 있는 중요한 공법들과 해석방법들을 요약하여 살펴 보았다.

국내에서도 본 기사에서 간략히 소개된 바와 같이 실내시험을 비롯하여 현장 시험 시공이 시행되었다. 실내시험의 결과는 개질재의 사용이 노면 반사균열을 억제할 수 있다는 가설을 피로수명 증가 효과를 통해 증명하였다. 또한, 개질아스팔트에 보강재나 섬유를 같이 사용했을 경우에는 일반 아스팔트에 비해서 피로수명을 획기적으로 증가시킨다는 점도 증명되었다.

앞으로 기존의 콘크리트 포장에 아스팔트 덧씌우기를 할 경우 설계와 시공에서 이런 연구결과들이 많이 적용돼서 적은 비용으로 큰 효과를 얻기를 기대한다. 또한 아직 국내에 도입되지 않은 시공기술과 해석기법들도 검토와 시험시공을 통하여 실용화되기를 바란다.

## 6. 참고문헌

1. Kim, J. and W. G. Buttlar (2001) "Analysis of Reflective Crack Control System with Base Isolating Interlayer". Journal of Transportation Engineering, ASCE, In Press.
2. Mukhtar, M. T. (1994) "Interlayer Stress Absorbing Composite (ISAC) for Mitigating Reflection Cracking in Asphalt Concrete Overlays, Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign
3. Thompson, M. (1999) "Hot-mix Asphalt Overlay Design Concepts for Rubblized Portland Cement Concrete Pavements", Transportation Research Record 1684, 147-155
4. de Bondt, A. (1999) "Anti-reflective cracking design of (Reinforced) Asphaltic Overlays", Ph.D. Thesis, Delft University of Technology
5. Elias, J. M., A. Scarpas, and X. Liu (2000) "Influence of a High Modulus Geogrid Composite on the Surface Layer of Roads on Soft Soil", Reflective Cracking in Pavements: Research in Practice, Proceedings of the 4th International RILEM Conference, 431-440.
6. 엄주용 등 (2000) "포장균열 및 노면 반사균열 억제방안 연구", 연구보고서, 도로연 00-21, 도로연구소, 한국 도로공사.
7. Waldhoff, A., W. G. Buttlar, and J. Kim (2000) "Investigation of Thermal Cracking at Mn/ROAD Using Superpave IDT", Proceedings of 45th Annual Conference of the Canadian Technical Asphalt Association.