

유리섬유 그리드를 이용한 포장면 반사균열 억제

Reducing the Reflection Cracks of the Pavement using Glass Fiber Grids

조성민¹⁾, Sung-Min Cho, 엄주용²⁾, Joo-Yong Eum, 이석근³⁾, Suk-Keun Lee,
김광우⁴⁾, Kwang-Woo Kim, 전한용⁵⁾, Han-Yong Jeon, 장용채⁶⁾, Yong-Chai Jang

- 1) 한국도로공사 도로연구소 책임연구원, Chief Researcher, Korea Highway Corporation
- 2) 한국도로공사 도로연구소 수석연구원, Research Director, Korea Highway Corporation
- 3) 경희대학교 토목공학과 교수, Professor, Kyung-Hee University
- 4) 강원대학교 농공학부 부교수, Associate Professor, Kangwon National University
- 5) 전남대학교 섬유공학과 부교수, Associate Professor, Chunnam National University
- 6) 목포해양대학교 조선 및 해양공학부 전임강사, Full-time Lecturer, Mokpo National Maritime University

SYNOPSIS : Reflection cracks can be occurred in the asphalt layer overlaid on portland cement concrete pavements, because this layer is sensitive to environmental conditions including temperature changes and displacements of the pavement. A result of trial applications using glass fiber grids is introduced in this paper. Glass fiber grids were used between the asphalt layer and the concrete base to reduce the reflection crack of the asphalt layer. No cracks were observed in the glass grid installed area about 2 years later from trial constructions.

KEYWORDS : reflection cracks, pavements, glass fiber grid

1. 개요

시멘트 콘크리트 포장은 구조적 특성과 내구성이 우수하고 아스팔트 포장에 비하여 일상적 유지관리 비용이 적게 들어 고속도로를 중심으로 적용 실적이 계속 늘고 있다. 노후화된 콘크리트 포장면의 보수는 주로 표층 덧씌우기를 통해 이루어지는데, 이 경우 보수 후 환경 변화 및 시간 경과에 따라 기존 콘크리트 기층의 줄눈이나 균열 등의 불연속면이 덧씌운 포장층에 전파되어 발생하는 반사균열(reflection crack)이 문제가 된다. 따라서 포장체의 구조적 안정성과 사용성을 지속적으로 유지하기 위해서는 이러한 반사균열을 효과적으로 억제할 수 있어야 하며, 여기서는 그 대책의 하나로서 토목섬유의 일종인 유리섬유 그리드를 활용하는 방안에 대해 소개하고자 한다. 포장층의 보수·보강을 위하여 토목섬유를 활용하는 것은 이미 오래 전부터 시도되고 있는데, 이 때 사용되는 토목섬유 재료는 자체의 구조적 강도와 함께 아스팔트 타설시 발생하는 고온(최고 200℃ 이상)에 대한 충분한 내구성을 가져야 한다.

2. 포장의 반사균열

반사균열은 시멘트 콘크리트의 줄눈부와 균열 발생 부위의 운동으로 유발되는 아스팔트 덧씌우기층의 파손으로 정의할 수 있다. 기존 콘크리트 기층의 줄눈과 균열부는 덧씌워지는 아스팔트층에 전파되는 균열의 시점이 된다.

포장체에 발생하는 반사균열의 직접적인 원인은 통행하는 차량 하중과 온도변화에 따른 콘크리트 슬래브의 수축·팽창으로서, 콘크리트 기층의 불연속면을 따라 나타나는 수평변형과 수직변형으로 구분된다. 콘크리트 슬래브의 수축으로 유발되는 상부 아스팔트층 내의 인장응력과 차량 바퀴하중에 의해 유발되는 휨모멘트는 그림 1의 모드-I 균열(opening mode)을 발생시키며, 기존 포장 균열 위에 작용하는 바퀴하중은 아스팔트 덧씌우기층 바닥면에 전단응력을 유발시켜 모드-II의 균열(shearing mode)을 발생시킨다(Molenaar, 1984). 포장면의 균열은 운전자의 불편을 초래할 뿐 아니라 노면을 따라 흐르는 표면수의 주요한 침투경로가 되며, 포장체 전체의 강도와 구조적 지지 능력을 저하시키게 된다.

반사균열을 지연시키거나 억제하기 위한 일반적인 대책들은 표 1과 같다.

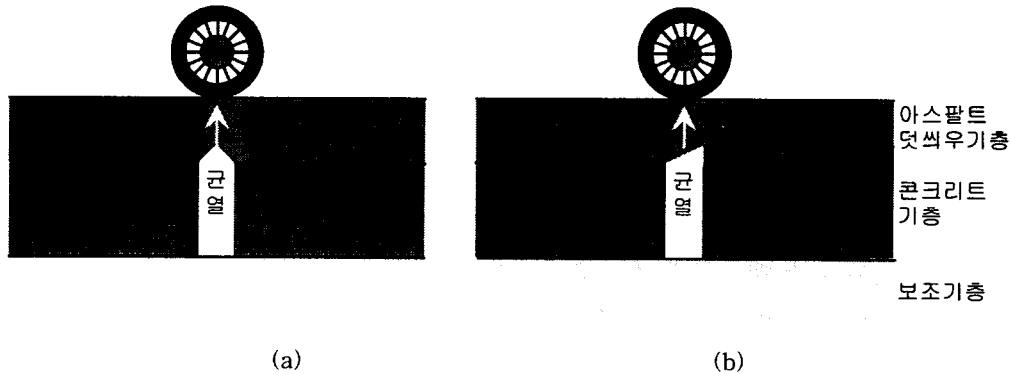


그림 1. 아스팔트 덧씌우기층에 유발되는 반사균열의 두가지 형태
 (a) 하부층의 수평변형에 의한 균열(opening mode)
 (b) 하부층의 부등연직변형에 의한 균열(shearing mode)

표 1. 포장면 반사균열 억제 방법의 종류와 개요(한국도로공사, 1999)

구분	방법	
덧씌우기 전 기존콘크리트층의 처리	줄눈 설치 후 균열 유도 (sawing & sealing)	<ul style="list-style-type: none"> 반사균열을 유도하여 2차 균열 억제 덧씌우기 직후 기존 콘크리트 콘크리트 슬래브의 줄눈부와 균열부 위 덧씌우기층에 줄눈을 설치 설치한 줄눈부는 주입재로 채움
	기존 포장 파쇄 및 안치	<ul style="list-style-type: none"> 기존 콘크리트 슬래브를 파쇄하여 기층으로 사용 두가지 방법 사용 <ol style="list-style-type: none"> 균열 및 안치(cracking & seating) 파쇄 및 안치(breaking & seating)
응력완화층 (stress-relieving interlayer) 설치	<ul style="list-style-type: none"> 기존 포장체 상단에 부직포 등 토목섬유, 스테인리스 철망, 아스팔트-고무 등의 재료를 이용하여 두께 20mm 이하인 응력완화층을 설치하고 덧씌우기 기존 포장층에서 보수층으로 전달되는 인장응력 감소 포장층 전체의 강도 증가 효과는 미약하여 전단응력 감소는 기대하기 어려움 	
중간층 (cushion course) 설치	<ul style="list-style-type: none"> 두께 25mm 이상인 중간층(일반적으로 조립의 개질도 아스팔트 혼합물층)을 기존 포장체와 덧씌우기층 사이에 설치하여 수평, 수직운동에 의한 균열 모두 억제 기존 포장체에 대한 보온 및 단열 효과(온도에 의한 균열 억제) 층이 두꺼워져 포장층 전체의 구조적 능력 제고(피로균열도 억제) 	
특수아스팔트 덧씌우기	<ol style="list-style-type: none"> 아스팔트 혼합물에 강섬유, 토목섬유 삽입 보강 아스팔트 재료 자체의 개질 	

표 2. 유리섬유 그리드의 물리적 특성

인장강도	그물눈(mesh) 크기	중량	파단시 변형률	녹는점
20kg/cm×10kg/cm	12.5mm×12.5mm	560g/m ²	< 4%	1,000℃

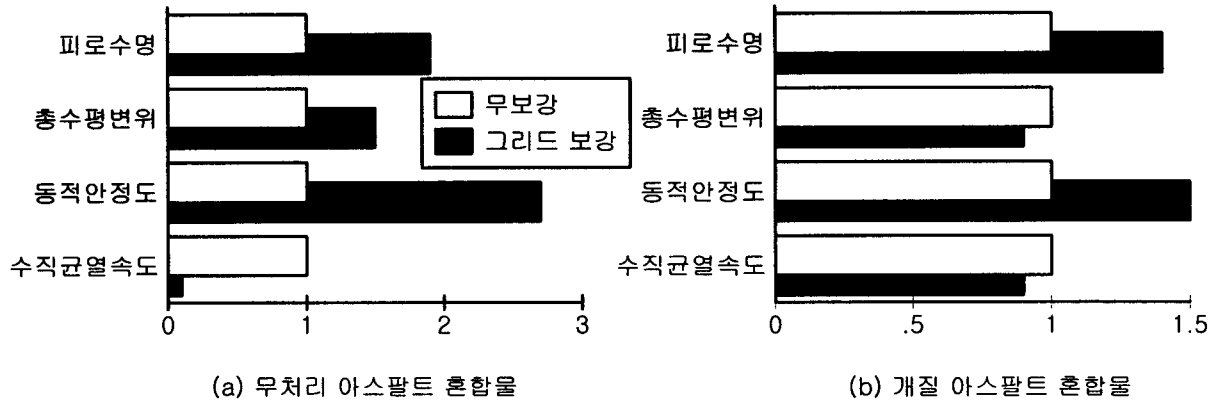


그림 2. 유리섬유 그리드 보강 전후의 포장체 특성 변화(김광우, 도영수 외, 1999; 재구성)

3. 실내 시험

유리섬유 보강재의 보강 효과를 평가하기 위하여 덧씌우기층에 사용하는 아스팔트 혼합물의 종류를 달리하여 실내에서 모형시험을 수행하였다. 그림 1의 파괴 모드를 반영하기 위하여 미리 성형한 2개의 콘크리트 블럭 위에 아스팔트 공시체를 덧씌우기 형태로 부착한 후 바퀴하중을 모사할 수 있는 재하장치를 이용하여 주기적으로 반복하중을 가하였다(김광우, 임성빈 외 1999). 아스팔트는 침입도 등급 85-100인 AP-3를 사용하였으며, 개질재를 사용하지 않은 무처리 상태의 공시체와 개질용 폴리머인 카본블랙과 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)을 가루 형태로 혼합하여 사용한 공시체로 구분하였으며, 각각 유리섬유 그리드를 설치한 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 재하시험 중의 변위를 측정하고 균열을 관찰하였다. 보강재로 사용한 유리섬유 그리드의 제반 특성은 표 2와 같으며, 시험 결과는 그리드 보강유무에 따른 피로수명(fatigue life), 총수평변위, 동적안정도, 균열속도의 상대적 차이로 정리하여 그림 2에 나타내었다. 즉, 무처리 아스팔트와 개질아스팔트에 대해서 각각 그리드 설치 전의 값을 1로 보고 그리드 보강 후 달라진 정도를 상대적으로 도시하였다. 여기서, 피로수명은 균열이 공시체 상단까지 도달한 하중 주기수이며, 총수평변위는 마지막 사이클에서 측정한 누적 수평변위이다.

그림 2에서 아스팔트 배합시 개질재 혼합 여부에 따라 정도의 차이는 있으나, 유리섬유 보강재를 사용함으로써 피로수명과 동적안정도가 증가하고, 반면에 혼합물층의 수직균열의 진전 속도가 지연되는 사실을 확인할 수 있다.

4. 시험시공

그리드 보강 효능을 검증하기 위하여 실내 모사시험 외에도 개통 중인 고속도로 구간에서 시험시공을 실시하였다. 마찰방법으로 배합한 AP-5 아스팔트를 무처리 및 각종 개질재 혼합 구간으로 구분하여 덧씌우기 보수를 진행하였으며, 이 때 일부 구간에 유리섬유 보강재를 기존 포장면과 덧씌우기층 사이에 포설하였다. 일반적으로 그리드 부착시 택코우트를 사용하지 않으나, 추가적인 접착력 확보를 위해 이를 적용하기도 한다. 택코우트를 사용한 경우에는 24시간 이상 양생 후에 그리드를 설치하여야 한다.

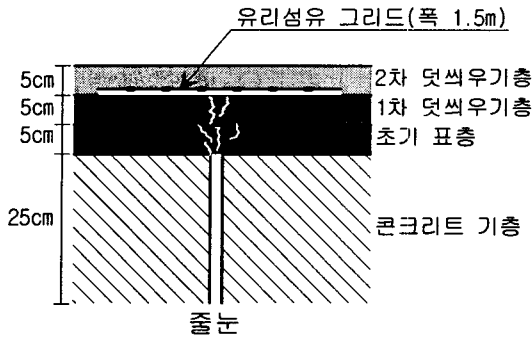


그림 3. 그리드 보강 단면

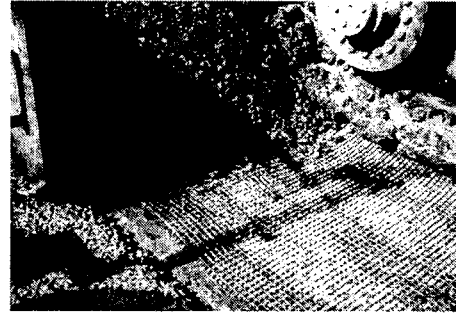


그림 4. 그리드 설치 후 아스팔트 포설

시험시공 진행 순서는 다음과 같다.

- ① 기존 포장면 조사 : 유지관리자료 검토, FWD
- ② 기존 포장면 표층 처리 : 기존 노면의 줄눈과 균열부는 새로운 줄눈재를 주입. 필요시 단면보수
- ③ 노면 청소 : 보강재 부착력 증대를 위해 노면의 기름, 이물질 제거(용제, 물, 압축공기 세척)
- ④ 응력완화층(그리드) 설치 : 주름이 생기지 않도록 부착하며, 타이어롤러로 1~2회 다짐.
- ⑤ 덧씌우기 층 포설 후 다짐

시험시공 구간의 노면은 현재까지 양호한 상태를 유지하고 있으며, 이후로도 추적조사를 통해 포장면 상태를 지속적으로 관찰할 계획이다.

5. 결론

- 1) 일반 지오그리드에 비하여 강도특성이 우수하고 내열성이 좋은 유리섬유 그리드를 노후 포장체 보수시 반사균열을 억제하기 위하여 설치하는 응력완화층으로 활용하는 방법을 검증하기 위하여 실내모사시험과 현장 시험시공을 실시하였다.
- 2) 실내모사시험 결과, 유리섬유 그리드를 설치한 아스팔트 혼합물층은 그리드가 없을 때에 비하여 피로수명과 동적안정도가 증가하고 균열의 진전속도가 감소하여, 이 방법이 포장체 보강에 효과적인 것으로 나타났다.
- 3) 실제 현장에서 유리섬유 그리드를 설치할 때에는 접히거나 주름이 생기지 않도록 하고, 타이어롤러를 사용하여 충분히 부착한다. 줄눈이나 균열부에 설치할 때에는 그리드 폭을 1.5m 이상으로 하며, 아스팔트는 그리드 설치 당일 허용온도에서 포설하여 40mm 이상 두께가 유지되도록 다진다.

참고문헌

- Molenaar, A.A.A.(1984), Fatigue and reflection cracking due to traffic loads, AAAPT, Vol.53, pp.440-474
- 김광우, 도영수, 임성빈, 이석근, 엄주용(1999), 개질재·보강재를 이용한 덧씌우기 아스팔트 포장의 반사균열 지연 효과, 한국도로포장공학회지, 제1권 1호, pp.85-96
- 김광우, 임성빈, 도영수, 이석근(1999), 전단 반사균열 모사 실험방법 개발 및 적용성 연구, 한국도로포장공학회지, 제1권 1호, pp.97-106
- 한국도로공사(1999), 포장균열 및 노면반사균열 억제방안 연구(III), 도로연구소 연구보고서