

반사균열 억제를 위한 그리드 사용 포장의 현장 상태 평가

Field Evaluation of Grid-reinforced pavement for Retardation of Reflection Cracking

도영수* · 조병진** · 박태원** · 김광우***

Doh, Young Soo · Joh, Byoung Jin · Park, Tae won · Kim, Kwang Woo

1. 서 론

국내의 경우 포틀랜드 시멘트 콘크리트 (Portland cement concrete: PCC) 포장은 1980년대 중반부터 채택되어, 최근에는 고속도로의 2/3정도가 시멘트 콘크리트 포장이며, 앞으로 계획된 고속도로 포장은 시멘트 콘크리트 포장으로 시공될 것으로 예상된다. PCC 포장은 일반적으로 아스팔트 콘크리트 포장보다 초기에 일상적 유지관리비가 적게 드나 파손 및 노후 시 적절한 유지보수가 어렵고 공사비가 커지는 문제점을 가지고 있다. 포장이 여러 해 동안 사용되면 포장 표면에는 결함이 나타나게 된다. 이 결함들은 표층의 노화와 관련되어 나타나거나 또는 환경적인 영향, 구조적인 지지력 부족 등의 결과로서 나타날 수 있다. 이 결함들이 어느 정도이상 심각해지면 도로 이용자들의 안전한 주행을 위해 유지관리 조치가 필요하다. 일반적으로 국내에서는 시멘트 콘크리트 포장의 보수보강으로는 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 포장이 사용되고 있다. 그러나 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 포장은 반사균열이 발생하는 문제점을 갖고 있다. 반사균열은 PCC 포장 위에 덧씌워진 아스팔트 포장의 주요 손상 메커니즘 중의 하나이다. 반사균열은 두 가지 요인으로 발생된다. 하나는 환경적 요인으로 인한 PCC 슬래브의 수평이동, 또 다른 하나는 차량 운하중의 반복재하에 의한 수평·수직이동이다. 환경적 요인으로 인한 PCC 슬래브의 수축·팽창은 운하중에 의해 발생하는 휨인장과 함께 PCC 슬래브의 균열 상단에 있는 아스팔트 덧씌우기 층에 휨과파괴를 유발한다. 또한 이동하는 운하중은 PCC 슬래브의 균열이나 줄눈을 가로질러 통과 하면서 순간적으로 아스팔트 콘크리트 덧씌우기에 휨 파괴 및 전단파괴를 야기한다. 포장층이 응력을 받을 때 균열 바로 위의 아스팔트 덧씌우기층 바닥의 한 점은 균열의 선단이 된다. 이점에서는 높은 응력집중이 야기되고 결국 아스팔트 덧씌우기 층의 균열은 이곳에서부터 발생하여 위로 진전한다. 따라서 이 두 가지 파괴모드는 모두 줄눈 및 균열 위의 아스팔트 콘크리트 덧씌우기에 치명적인 역할을 하여 반사균열을 생성·진전시킨다.

본 연구는 반사균열 억제를 위한 그리드 보강한 혼합물의 실내시험에서 우수한 반사균열 저항성을 갖는 그리드 보강 혼합물에 대하여 현장 시험시공과 추적조사를 통하여 나타나는 현장 평가를 조사한 것이다.

2. 현장 시험시공

2.1 현장 시험시공 개요

실제 시공 현장에서 그리드 제품을 보강하는 방법은 기존 콘크리트 층 또는 중간층 위에 유제 살포 후 양생과정을 거쳐 보강 위치에 그리드를 거치 하고, 거치된 그리드를 네일건(nail gun)을 이용하여 고정하고 (Fig. 1) 그 위에 혼합물을 실은 차량과 피니셔 통과시 그리드가 차량 바퀴에 엉켜 붙지 않도록 하기 위해

* 정회원 · 강원대학교 강사 · 공학박사 · 033-250-7284. E-mail : youngsdoh@hanmail.net)

** 정회원 · 강원대학교 지역기반공학과 석사과정 · 공학사

*** 정회원 · 강원대학교 지역기반공학과 교수 공학박사 · 033-250-6467, E-mail : asphalttech@hanmail.net)

약간의 혼합물을 삼으로 뿌려주었다(Fig. 2). 그 위에 피니셔가 혼합물을 포설하고, 롤러 다짐이 이루어진다(Fig. 3~4).

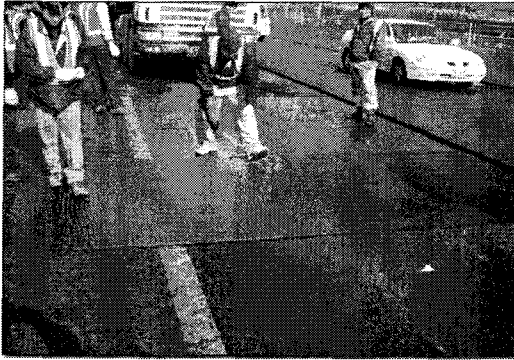


Fig. 1. 그리드 고정



Fig. 2. 고정 그리드 위에 아스팔트 혼합물 뿌림



Fig. 3. 아스팔트 혼합물 포설



Fig. 4. 아스팔트 덧씌우기 혼합물 다짐

2.2 1차 현장 시험시공

Grid 보강 제품의 현장 적용성 평가를 조사하기 위한 1차 현장 시험 시공은 2004년 11월 16일에 호남고속도로에 총 연장 450m에 4종의 Grid를 이용하여 Fig. 5와 같이 포설하였다. 이 구간은 기존 콘크리트 포장 위에 1차적으로 중간층의 혼합물을 5cm 포설하고 그 위에 그리드를 깔고 시험 포장을 하였다. 따라서 Grid는 두 아스팔트 콘크리트 층 사이에 중간의 응력 흡수층 역할을 하게 된다.

1차 현장 시험시공에 사용된 그리드 보강제품은 다음과 같다.

- A구간: 외산 Grid 20T - G1
- B구간: 국산 5T/10T (부직포 부착) - G2
- C구간: 국산 10T/10T (부직포 부착) - G3
- D구간: 국산 5T/10T (부직포 미부착) - G4

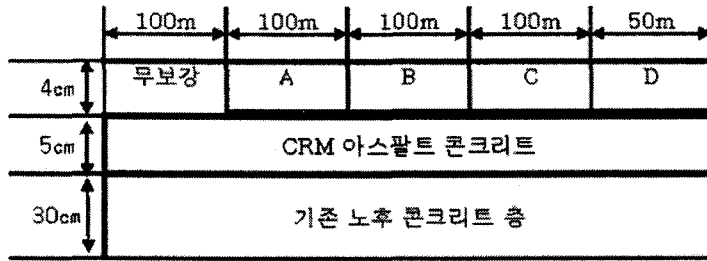


Fig. 5. 1차 현장 시험시공 단면

2.3 2차 현장 시험시공

2차 현장 시험시공은 2004년 12월 2일에 호남고속도로에서 총 연장 300m에 대하여 시험시공을 실시하였다. 총 연장에서 100m 구간은 무보강 LDPE 개질 아스팔트 콘크리트 덧씌우기 부분이고 나머지 200m는 보강 Grid에 LDPE이 개질 아스팔트 콘크리트 덧씌우기를 한 부분이다. 이 구간은 콘크리트 포장위에 바로 그리드를 부착하고 아스팔트 혼합물을 포설 하였다.

2차 현장 시험시공에 사용된 그리드는 국산 10T/10T (부직포 부착) - G3이다.

2.4 3차 현장 시험시공

3차 현장 시험 시공은 2005년 9월26일 호남고속도로에서 총 600m에 시험포장을 실시하였다. 2차 현장 시험 시공과는 달리 PCC층과 아스팔트 덧씌우기 층 사이에 중간층을 포설하였다. 이 구간은 1차 시험 시공때와 같이 Grid가 두 아스팔트 층 사이에 응력 흡수층으로 사용되었다. Fig. 6은 3차 현장 시험시공 단면을 보여준다.

3차 현장 시험시공에 사용된 그리드는 다음과 같다.

국산 10T/10T (부직포 미부착) - G5

국산 10T/10T (부직포 부착) - G3

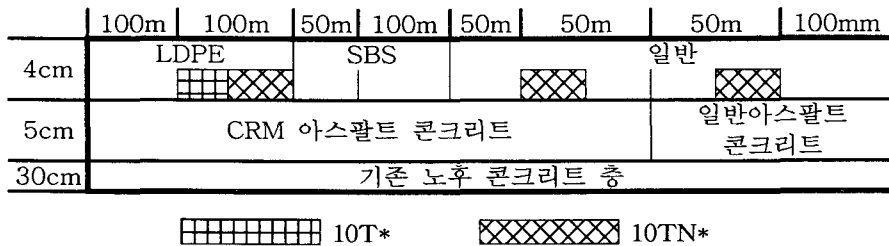


Fig. 6. 3차 현장 시험시공 단면

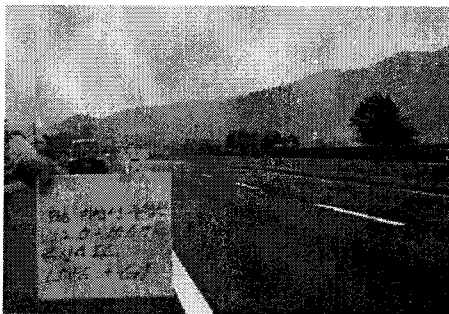
3. 현장 시험 시공 단면 추적조사

3.1 1차 현장 시험시공 구간

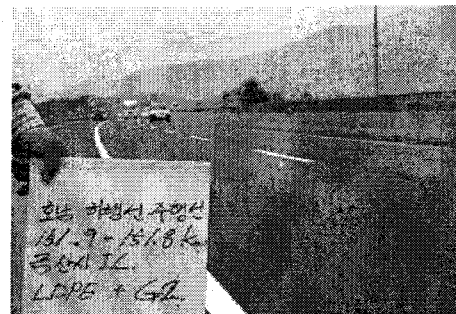
1차 현장 시험 시공된 구간을 한 해의 겨울이 지난 2005년 3월 9일 1차, 6월 23일 2차, 9월 26일 3차의 현장 육안조사를 실시하였고 두 해의 겨울이 지난 2006년 4월 6일에 4차 현장 육안조사를 수행하여 총 4차에 걸쳐 현장 육안조사를 실시하였다. 1차 현장 시험 시공 단면의 육안조사 결과는 어느 구간에서도 반사균열 발생 및 이외의 어떠한 손상도 발생되지 않았다. 이는 LDPE 개질아스팔트 혼합물과 보강 그리드가 반사균열의 지연에 효과적인 것을 보여주는 것이라 판단된다. Fig. 7은 4차 현장 육안조사의 결과를 보여준다. 앞서 언급했듯이 4차의 현장 육안조사의 결과에서도 어떤 손상의 기미도 나타나지 않았다.



무보강 구간



A 구간



B 구간



C 구간



D 구간

Fig. 7. 4차 현장 육안 조사

3.2 2차 현장 시험시공 구간

2004년 12월 2일에 2차 현장 시험 시공된 구간을 한 해의 겨울이 지난 2005년 3월 9일 1차, 6월 23일 2차, 9월 26일 3차의 현장 육안조사를 실시하였고 두 해의 겨울이 지난 2006년 4월 6일에 4차 현장 육안조사를 수행하여 총 4차에 걸쳐 현장 육안조사를 실시하였다. 1차 현장 육안 조사에서는 보강 Grid 구간에서 반사균열은 전혀 발생되지 않는 것으로 나타났다 그러나 2차 현장 육안조사에서는 현장 시험시공 시 제기됐던 문제점, 즉 아스팔트 유제의 과도한 살포 및 양생이 안 된 상태에서 아스팔트 혼합물의 포설로 인하여 아스팔트 유제에 많은 부분을 차지하는 물이 아스팔트 표면 밖으로 스며 나오는 현상과 그런 이유로 인한 손상의 징후를 발견할 수 있었다(Fig. 8). 따라서 보강 그리드 설치에서 뿐만 아니라 아스팔트 혼합물 덧씌우기 시에 아스팔트 유제의 정확한 양의 살포와 양생이 반사균열 지연과 이외의 손상들을 제어하는데 상당히



중요하다고 판단된다.

3차 현장 육안조사에서는 2차 현장 육안조사에서 손상의 징후가 있었던 구간에서 골재가 떨어져 나가고 포트홀 형태의 손상이 발생했다(Fig. 9). 그러나 이러한 손상 외에 반사균열의 발생은 없었다.

4차 현장 육안조사 결과 손상 구간에 이미 절삭 덧씌우기를 수행하였으며, 그 외의 구간에서는 반사균열을 발견할 수 없었다(Fig. 10).

종합적으로 2차 현장 시험시공 구간 단면에서도 포트홀 형태의 국부적 손상을 제외한 전 구간에서 반사균열은 발견되지 않았다. 따라서 보강 Grid가 반사균열 발생을 지연하는 효과가 있다고 할 수 있다.

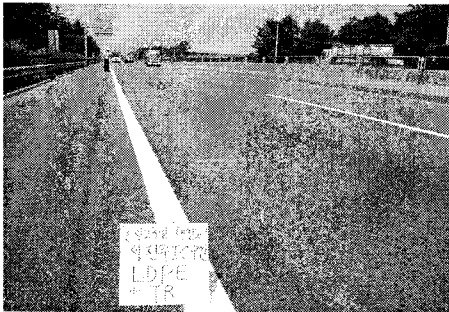


Fig. 8. 2차 현장 육안조사



Fig. 9. 3차 현장 육안조사

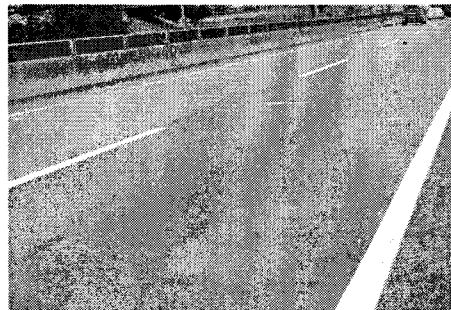


Fig. 10. 4차 현장 육안조사

3.3 3차 현장 시험시공 구간

3차 현장 시험 시공은 2005년 9월 26일에 수행되었고 이 시험 시공 구간은 보강 그리드 설치 및 아스팔트 혼합물 포설 및 다짐 시 문제점이 발견되었다.

3차 현장 시험 시공 구간의 육안조사는 시공된 지 6개월 정도가 경과하였으며, 그 사이에 여느 해와는 다르게 눈이 매우 많이 내린 한 해 겨울을 보낸 뒤인 2006년 4월 6일에 수행되었다.

3차 현장 육안조사 결과, 개질 부분과 그리드 보강 부분에서는 양호한 상태였으나, 무개질 무보강 구간에서 반사균열의 발생이 확인되었다. Fig. 11은 무개질 무보강한 아스팔트 혼합물의 구간에서 발견된 반사균열을 보여준다. Fig. 12는 시공시 보강 그리드 제거 부분에서 발생한 다짐 불량으로 인한 균열 발생을 보여준다.



Fig. 11. 반사균열 발생



Fig. 12. Grid 제거 부분의 반사균열 발생

4. 현장 시험시공 추적조사 결과 요약

Table 1은 3차까지 현장 시험시공 단면의 추적조사에 대한 결과를 표로 작성한 것이다. Table 1에서 2차 현장 시험 시공 포장 구간인 경우는 시공 당시 아스팔트 유제의 과도한 살포와 아스팔트 유제의 양생시간 부족으로 인한 시공 시부터 문제점을 내포하고 있었다. 따라서 2차 현장 시험시공 단면 구간에 나타난 손상은 시공상의 문제점이라 할 수 있다. 3차 현장시험 시공 포장 구간에서도 시공 시 다짐 불량한 부분에서 균열이 나타났고 그 이외의 구간에서는 반사균열을 발견할 수 없었다.

Table 1. 시험포장 구간별 추적조사 결과 요약

구간명	시험시공일	추적조사 차수 및 일시	조사 결과
1차 시험포장	2004.11.16.	1차: 2005.03.09.	전단면 상태 양호
		2차: 2005.06.23	전단면 상태 양호
		3차: 2005.09.26	전단면 상태 양호
		4차: 2006.04.06	전단면 상태 양호
2차 시험포장	2004.12.02.	1차: 2005.03.09	전단면 상태 양호
		2차 2005.06.23	국부적 손상 징후
		3차 2005.09.26	국부적 손상 발생 (골재 탈락 및 포트홀)
		4차 2006.04.06	국부적인 부분 절삭 덧씌우기 보수
3차 시험포장	2005.09.26.	1차: 2006.04.06.	국부적 다짐 불량으로 인한 균열

5. 결 론

아스팔트 콘크리트 덧씌우기의 반사균열을 억제하기 위하여 Grid 보강 및 폴리머 개질아스팔트 콘크리트 혼합물을 적용하여 고속도로 상에서 현장 시험시공을 총 3차에 걸쳐 수행하였고 추적조사는 총 4회에 걸쳐 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- ① 1차 시험 시공된 단면에서는 극심한 두 번의 겨울 지났음에도 불구하고 반사균열 또는 기타 어떠한 손상도 전혀 나타나지 않았다. 이는 LDPE 개질아스팔트 혼합물과 보강 그리드가 반사균열의 제어에 매우 효과적이기 때문에 나타난 결과로 판단된다.
- ② 2차 시험 시공된 단면은 시공 시에 문제점으로 대두된 곳을 제외하면 반사균열이 발견되지 않았다. 특히 LDPE 개질아스팔트 혼합물과 보강 그리드가 반사균열 제어에 효과가 우수한 것으로 나타났다.
- ③ 3차 시험 시공된 단면은 시공 시에 보강 그리드 설치 및 혼합물 포설시 문제점이 발견된 곳이며 시공 후 후환을 보낸 단면이다. 육안조사 결과 무개질 무보강 구간에서 반사균열이 일부 나타났다. 또한 시공



중 보강 그리드의 말림 등으로 그리드를 제거한 부분에서는 혼합물의 다짐불량으로 인하여 발생한 균열을 확인하였으나 그 이외의 구간에서는 어떤 이상 징후도 발견할 수 없었다. 하지만 이 구간은 현재 6개월 정도만이 지났으므로 향후 지속적인 관찰이 필요하다.

- ④ 반사균열 제어를 위한 보강 그리드의 부착 설치 시 그리드가 보강할 길이에 비하여 남으면 혼합물의 포설 및 다짐 시 이로 인해 혼합물의 들뜸과 그리드의 말림 등의 문제가 발생되므로 이에 대한 사전 정밀 재단 등의 조치가 필요하다. 이를 위해서는 현장에서 직접 줄눈 및 균열 보강 단면 길이에 알맞게 절단하여 부착하는 방안을 강구해야 한다. 따라서 현장에서 보강 그리드를 절단하고 부착 설치를 전담으로 하는 전문팀을 운영할 것을 권장한다. 즉 숙련된 전담팀의 투입을 통해 그리드의 말림, 들뜸 등을 최소화 하고 이로 인한 포설 작업의 지연도 최소화함으로써 그리드 사용을 기피하는 요인을 제거 하도록 해야 할 것이다.

참고문헌

1. “포장균열 및 노면 반사균열 억제방안 연구(I), (II), (III)” (1997-1999) 한국 도로공사 연구보고서.
2. 김광우, 이석근, 도영수, 임성빈, 이상범, (1998) “개질 · 보강제에 의한 아스팔트 혼합물의 반사균열 제어 효과,” 아스팔트 포장공학의 첨단기술 심포지엄 논문집, 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터, pp 229-256
3. 김광우, 이석근, 도영수, 임성빈, 이상범, (1998) “개질 · 보강제에 의한 아스팔트 혼합물의 반사균열 제어 효과,” 아스팔트 포장공학의 첨단기술 심포지엄 논문집, 강원대학교 석재복합 신소재 제품 연구센터, pp. 229-256.
4. 도영수, (2000) “보강 덧씌우기 아스팔트 콘크리트의 반사균열 피로 수명 추정 연구,” 강원대학교 대학원, 박사학위 논문
5. 도영수, 김광우, (2000) “보강 덧씌우기 아스팔트 포장의 휨파괴에 의한 반사균열 피로수명 추정,” 한국도로포장공학회 논문집, 제2권 4호, pp101-109.
6. Young S. Doh, Kwang W. Kim, M. S. Lee and S. H. Jwong., (2002) “Evaluation of Effectiveness of Reinforcing Inter-layer against Reflection Cracking,” Proceedings, 4th International Conference on Pavement Technology(ICPT),
7. 김광우, 이문섭, 도영수, (2002) “그리드 보강 아스팔트 콘크리트의 반사균열 저항성,” 한국토목섬유학회 봄 학술발표회 논문집.
8. Kim, Kwang W., Lee, S.J., Doh, Y.S., Rhee, S.K. and Park, T.S., (2002) “Estimation of Relative Performance of Overlaid Asphalt Concretes against Reflection Cracking due to Shear and Bending Fracture Mode,” 6th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (BCRA).
9. 도영수, 조성호, 김변창, 권승준, 김광우, (2004) “TRIGRID를 이용한 덧씌우기 아스팔트 포장의 반사균열 제어 특성,” 2004 아스팔트포장공학의 첨단기술 국제심포지엄.
11. Doh, Y. S., Cho, S. H., Lee, K. H., Kim, B. C., Kim, K. W., (2005) “Laboratory Evaluation of Geo-grids Effect on Reflection Cracking Control,” Proceedings, 5th International Conference on Road & Airfield Pavement Technology (5th ICPT), Vol 1, pp.97-103.
12. 김광우, 도영수, 김변창, 이문섭, (2005) “아스팔트 덧씌우기의 반사균열 지연을 위한 지오그리드의 적용성 연구,” 한국도로학회 논문집, Vol 7. No 2, pp1-12
13. 도영수, 정재현, 김광우, 이광호, (2005) “국내산 그리드 보강 아스팔트 덧씌우기의 진단파괴 반사균열 저항성 비교 연구,” 대한토목학회 정기학술발표회.
14. 도영수, 권오선, 정재현, 이종섭, 김광우, (2005) “바인더 개질 및 그리드 바닥 보강 혼합물의 반사균열 저항성,” 한국도로학회 정기학술발표회.
15. 도영수, 김변창, 고태영, 김광우, (2005) “아스팔트 덧씌우기 하부의 Geogrid 부착방법에 따른 반사균열 지연특성 비교,” 한국도로학회 논문집, 12. Vol 7. No. 4, pp9-20.