

섬유그리드 보강 아스팔트 포장 초기 공용성 평가

Evaluation of Early age Performance of Geogrid-reinforced Asphalt Pavements

| | |
|-----------------------|--|
| 여 현 동 Yeo, Hyun Dong | 학생회원 · 인하대학교 토목공학과 석사과정 (E-mail : yhd1983@naver.com) |
| 김 광 덕 Kim, Gwang Duk | 비 회 원 · 국토해양부 감사담당관실 시설사무관 (E-mail : gdkim@korea.kr) |
| 권 수 안 Kwon, Soo Ahn | 정 회 원 · 한국건설기술연구원 도로연구실 수석연구위원 · 공학박사 (E-mail : sakwon@kict.re.kr) |
| 정 진 훈 Jeong, Jin Hoon | 정 회 원 · 인하대학교 토목공학과 부교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : jhj@inha.ac.kr) |

ABSTRACT

Geogrid-reinforced asphalt pavement is a pavement type applicable to overlay for repair in addition to new construction. The geosynthetic materials are placed between the asphalt layers to stop or delay propagation of the cracking existing at lower layers and to reduce the rutting. In this study, the cracking, rutting, IRI, and deflection were investigated to compare the performance between geogrid-reinforced asphalt pavement and ordinary or polymer modified asphalt pavement. Based on field conditions, the 11 sections were classified into 3 groups; sections proper to compare, sections with restrictions to compare, sections with difficulties in comparing, and the data was statistically analyzed. Larger resistance to rutting and increased IRI were measured at the geogrid-reinforced asphalt pavement sections comparing to the ordinary or polymer modified asphalt pavement sections. However, the deflections of the pavements were similar and the resistance to the cracking could not be compared because of short pavement lives.

KEYWORDS

geogrid-reinforced asphalt pavement, performance, rutting, IRI, deflection, cracking

요지

섬유보강 아스팔트 포장은 신설뿐만 아니라 유지보수를 위한 덧씌우기에도 적용 가능한 포장 유형이다. 섬유보강재를 아스팔트 층 사이에 설치하여 하부 층에 이미 발생된 균열을 정지시키거나 지연시키고 러팅을 저감할 수 있다. 본 연구에서는 섬유보강 아스팔트 포장과 일반 또는 개질 아스팔트 포장의 공용성을 비교하기 위하여 균열율, 러팅, 종단평탄성, 그리고 처짐을 조사하였다. 현장조건에 근거하여 11개 구간을 비교에 적합한 구간, 비교에 제약이 있는 구간, 그리고 비교가 곤란한 구간의 세 가지 그룹으로 나누어 조사하였으며 측정된 자료는 통계적으로 분석되었다. 섬유보강 아스팔트 포장은 일반 또는 개질 아스팔트 포장에 비해 러팅 저항성이 크고 종단평탄성이 증진되는 효과가 있었다. 하지만, 처짐은 유사했으며 조사된 구간의 공용기간이 짧아 균열에 대한 저항성은 비교할 수 없었다.

핵심용어

섬유보강 아스팔트 포장, 공용성, 러팅, 종단평탄성, 처짐, 균열율

1. 서론

1.1. 연구 배경

1990년대 이후 폭발적인 교통량 증가와 더불어 차량하중의 중량화, 환경적 영향 등의 복합적인 요인들로 인하여 도로포장

의 파손이 전국적으로 광범위하게 발생되고 있는 실정이다. 포장체의 구조, 포장을 구성하는 재료와 더불어 환경 및 교통하중에 영향을 받아 도로 포장에는 러팅(rutting), 피로균열(fatigue cracking), 반사균열(reflection cracking), 온도균열

(temperature cracking) 등의 파손이 발생한다. 이로 인해 도로포장은 설계수명에 도달하기 이전에 유지보수가 실시되어야 하는 경우가 많다(한국도로공사, 1999).

해외는 물론이고 국내에서도 아스팔트 포장의 러팅 저항성 및 균열 저항성을 증진시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 이 중에서도 섬유보강 아스팔트 공법은 신설 포장을 비롯하여 유지보수를 위한 덧씌우기 포장에도 적용 가능한 공법이다. 섬유보강재를 아스팔트 층 사이에 설치하여 하부에 이미 발생한 균열을 정지시키거나 지연시키고 러팅을 저감할 수 있는 공법으로 균열 및 러팅이 예상되는 위치에 활용 가능하다(안태봉 외, 2001). 섬유보강재는 아스팔트 포장의 러팅을 감소시키고 피로수명을 증가시키며, 특히 동적안정도는 10배, 균열의 진전시간은 8배 가량 증가시키는 효과가 있다고 발표되었다(Brown 외, 1985, Gilchrist, 1989). 이 외에도 여러 연구를 통하여 섬유보강재는 피로균열이나 반사균열의 억제 효과와 함께 러팅에 대한 저항성이 커서 아스팔트 포장의 보강 재료로서 우수한 공학적 특성을 갖는다고 알려졌다(한국건설기술연구원, 1999).

1.2. 연구 목적 및 범위

본 연구는 일반 아스팔트 포장 층 사이에 섬유보강재를 설치하여 시험 시공된 섬유보강 아스팔트 덧씌우기 포장과 일반 또는 개질 아스팔트 덧씌우기 포장의 공용성을 비교하는데 목적이 있다. 일정 공용기간이 지난 섬유보강 아스팔트 시험시공구간과 인근 일반 아스팔트 비교구간의 균열율, 러팅, 종단평탄성, 처짐을 비교분석하여 섬유보강 아스팔트 포장의 국내 신설 포장 및 덧씌우기 포장으로서의 효과에 대한 연구를 실시한다. 1차 조사 대상 7구간과 2차 조사 대상 4구간의 총 11구간을 비교에 적절한 구간, 비교에 제약이 있는 구간, 그리고 비교가 곤란한 구간으로 나누어 섬유보강 아스팔트 시험시공구간과 인근 일반 아스팔트 비교구간의 균열율, 러팅, 종단평탄성, 처짐을 비교분석하고 섬유보강 아스팔트 포장의 효과에 대한 평가를 실시한다.

2. 시험 시공 구간 현장 조사

1차 조사는 주로 기존 아스팔트 포장에 섬유보강 아스팔트로 덧씌운 구간에 대하여 실시하였고 2차 조사는 주로 신설 섬유보강 아스팔트 포장 구간에 대하여 실시하였다. 1차 조사된 7개의 모든 시험시공구간은 양방향 차로에 섬유보강 아스팔트가 시공되었다. 섬유보강 구간과 비교하기 위한 일반 아스팔트 포장 구간은 시험시공구간 인근에 선정되었다. 시험시공은 2차로와 4차로의 도로를 대상으로 경기, 경북, 그리고 충남 지역에서 실시되었다. 1차 조사 구간의 연장은 최소 50m에서 최대 4,200m까지 다양했으며 구체적인 위치, 연장, 차로 수 등은

표 1과 같다. 2차 조사는 4개 구간에서 실시되었는데 1차 조사 구간과는 달리 한 방향에만 섬유보강 아스팔트가 시공된 구간이 포함되었으며, 일반 아스팔트 대신 개질 아스팔트로 비교구간이 설정된 구간도 있었다. 시험시공은 충남 지역에서 실시되었으며 2차로와 4차로 도로를 대상으로 하였다. 2차 조사 구간의 연장은 모두 260m 미만으로 구체적인 위치, 연장, 차로 수 등은 표 2와 같다.

표 1. 1차 조사 구간 정보

| 번호 | 노선 | 위 치 | 시 점 | 종 점 | 차로 수 | 연장 (m) |
|----|--------|----------------|--------------|----------------|------|--------|
| 1 | 48 | 경기 김포시 고촌면 | 가설골포교 A2 | 가설골포교 A2+0.080 | 4 | 80 |
| 2 | 38 | 경기 평택시 안중면 대기리 | 희곡육교 A1 | 희곡육교 A2 | 4 | 50 |
| 3 | (구) 32 | 충남 예산군 할덕읍 | 서야삼거리 +0.100 | 서야삼거리 +2.100 | 2 | 2,000 |
| 4 | 21 | 충남 아산시 신창면 금산리 | 금산교 A1+0.410 | 금산교 A1+0.710 | 4 | 300 |
| 5 | 45 | 충남 아산시 음봉면 | 삼거교 A2+0.030 | 삼거교 A2+0.115 | 4 | 85 |
| 6 | (구) 4 | 경북 김천시 농소면 | 농소교 A1+2.190 | 남면교 A1+0.320 | 2 | 4,200 |
| 7 | 21 | 충북 진천군 덕산면 | 가산교 A2+1.000 | 가산교 A2+1.950 | 2 | 950 |

표 2. 2차 조사 구간 정보

| 번호 | 노선 | 위 치 | 시 점 | 종 점 | 차로 수 | 연장 (m) |
|----|-------|-------------|---------------|---------------|------|--------|
| 8 | 34 | 충북 피산군 연풍면 | 배상교차로 -0.280 | 배상교차로 -0.020 | 4 | 260 |
| 9 | (구) 1 | 충남 계룡시 신도안면 | 신도안교 A1+3.130 | 신도안교 A1+3.340 | 2 | 210 |
| 10 | 21 | 충남 서천군 마서면 | 하구독사거리 | 하구독사거리 +0.200 | 4 | 200 |
| 11 | 45 | 충남 아산시 염치읍 | 석정삼거리 -0.090 | 석정삼거리 | 4 | 90 |

1차 조사는 2009년 8월에 실시되었으며 2차 조사는 2009년 11월에 실시되었다. 양방향으로 섬유보강 아스팔트가 시공된 구간에는 양 방향에 대해 각각 일반 아스팔트 비교구간을 설정하여 조사를 실시하였다. 이때 시험시공구간과 비교구간은 각각 "T"와 "C"의 기호로 표시하고 균열율, 러팅, 종단 평탄성, 처짐을 조사하였다. 구간을 10m 단위로 나누어 조사하였는데, 예를 들면 전체 길이가 2,000m인 서야삼거리 구간(T3, C3)은 10m 단위로 조사하여 200개의 자료를 획득하는 방식이다. 자동조사장비를 사용하여 10m 단위로 측정된 자료는 균열율, 러팅, 종단평탄성(IRI)이며, 처짐은 포장 지지력 측정 장비(Heavy Weight Deflectometer ; HWD)를 사용하여 구간 내에서 약 5개 지점을 측정하였다.

3. 비교분석 결과

비교구간은 시험시공구간과 공용성을 비교하기 위하여 포장체의 구조, 재료, 교통, 환경 등을 종합적으로 고려하여 시험시공구간과 인접한 위치에 선정되었다. 이러한 최선의 노력에도 불구하고 1차 및 2차 조사 구간 중 신도안교 구간(구간 9), 하구둑사거리 구간(구간 10)의 2개 구간을 제외한 나머지 구간은 다음 표 3 및 표 4와 같이 비교에 제약이 있거나 비교가 곤란했다. 본 논문에서는 비교에 적절한 2개 구간의 섬유보강 아스팔트 포장과 일반 또는 개질 아스팔트 포장의 균열율, 러팅, 종단평탄성, 그리고 처짐을 상세히 비교 설명하고 전체적인 결과는 표 12부터 표 15까지에 요약한다.

표 3. 비교에 제약이 있는 구간

| 번호 | 구간명 | 이유 |
|----|-------|--|
| 1 | 가설골포교 | 시험시공구간은 교차로 신호대기 구간을 포함하고 비교구간은 신호대기 구간을 지나 시공되었음. |
| 3 | 서야삼거리 | 시험시공구간의 공용기간은 2년이고 비교구간의 공용기간은 8년으로 차이가 있음. |
| 5 | 삼거리 | 시험시공구간은 교차로 신호대기 구간을 포함하고 비교구간은 신호대기 구간을 지나 시공되었음. |
| 7 | 가산교 | 시험시공구간의 공용기간은 1년이고 비교구간의 공용기간은 7년으로 차이가 있음. |
| 8 | 배상교차로 | 시험시공구간은 교차로 신호대기 구간을 포함하고 비교구간은 신호대기 구간을 지나 시공되었음. |

표 4. 비교가 곤란한 구간

| 번호 | 구간명 | 이유 |
|----|-------|---|
| 2 | 희곡육교 | 시험시공구간은 교량이고 비교구간은 토공부임. |
| 4 | 금산교 | 시험시공구간의 공용기간은 2년이고 비교구간의 공용기간은 18년으로 차이가 큼. |
| 6 | 농소교 | 시험시공구간의 공용기간은 1년이고 비교구간의 공용기간은 11년으로 차이가 큼. |
| 11 | 석정삼거리 | 시험시공구간과 비교구간의 위치적 차이가 큼. |

3.1. 비교분석 방법

시험시공구간과 비교구간에서 조사된 자료를 정규분포화하여 통계적으로 분석하였다. 예로서 신도안교 구간 내의 시험시공구간인 T9에 발생한 종단평탄성의 통계적인 분석 과정을 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 시험시공구간을 10m 분석구간으로 나눈다.
- 2) 각 10m 분석구간의 종단평탄성을 측정하고 데이터를 수집한다.
- 3) 종단평탄성을 0.5m/km 단위로 나누어 각각에 해당되는 10m 분석구간의 개수를 %로 그림 1과 같이 나타낸다.
- 4) 시험시공구간 종단평탄성의 평균값 μ 와 표준편차 σ 를 구한

후 그림 2와 같이 표준 정규화하여 상위 50, 90, 95%의 확률을 갖는 종단평탄성을 결정한다.

- 5) 비교구간 C9 구간에 대해서도 동일한 과정을 거쳐 50, 90, 95% 확률을 갖는 종단평탄성을 결정한다.

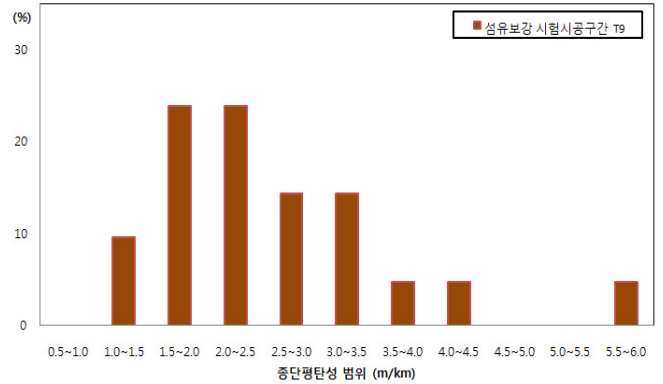


그림 1. 종단평탄성 측정결과 예

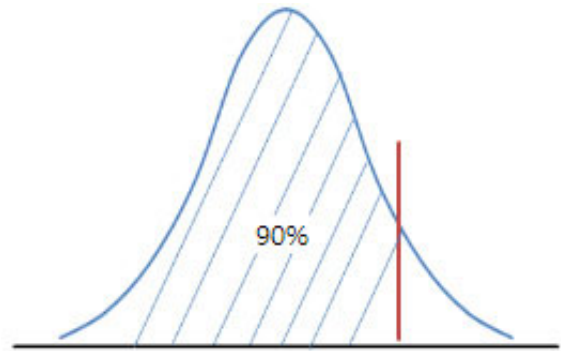


그림 2. 종단평탄성 표준 정규분포화 예

3.2. 신도안교 (T9, C9)

3.2.1. 일반현황

신도안교 구간은 표 5와 같이 연장 210m 구간에 섬유보강 아스팔트 덧씌우기 시험시공을 실시하고 50m 가량 떨어진 위치부터 동일한 방향으로 연장 210m의 일반 아스팔트 비교구간을 설정하였다. 조사구간이 210m로 다소 짧지만 2차 조사 구간들 중 공용연수가 3년으로 가장 길고 시험시공구간과 비교구간은 동일 시기에 동일한 차로에 시공되어 가장 이상적인 비교분석 구간으로 볼 수 있다.

표 5. 신도안교 구간 (T9, C9) 일반현황

| 구간 번호 | 노선 | 위치 | 차로 수 | 시점 | 연장 (m) | 시공 연도 | 공용 연수 |
|-------|-------|-------------|------|---------------|--------|-------|-------|
| T9 | (구) 1 | 충남 계룡시 신도안면 | 2 | 신도안교 A1+3.130 | 210 | 2006 | 3 |
| C9 | | | | 신도안교 A1+2.870 | 210 | 2006 | 3 |

3.2.2. 분석 결과

(1) 균열율

섬유보강 아스팔트 시험시공구간 T9와 일반 아스팔트 비교구간 C9 구간 모두 균열율 0%로 균열이 발생하지 않았다.

(2) 러팅

시험시공구간과 비교구간에 발생한 러팅을 1mm 단위로 나누어 백분율로 분포를 나타내고 전체적인 경향을 비교하면 그림 3과 같다. 시험시공구간에서는 0~1mm의 러팅이 85.7%로 가장 많았으며 2~3mm 이상의 러팅은 발생하지 않았다. 비교구간에서도 0~1mm의 러팅이 38.1%로 가장 많이 발생하였으나 9~10mm의 큰 러팅도 측정되었다. 전반적인 분포는 섬유보강 아스팔트 시험시공구간의 러팅 분포가 비교구간 분포보다 왼쪽으로 치우친 모양으로 나타나 시험시공구간의 상태가 비교적 양호한 것으로 나타났다.

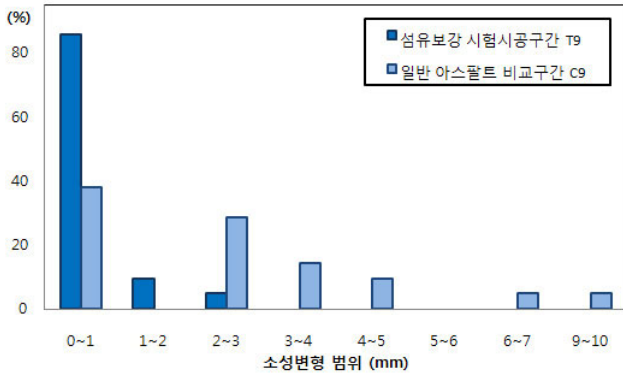


그림 3. 신도안교 구간 (T9, C9) 러팅 분포 비교

표 6의 통계적인 분석 결과를 살펴보면 시험시공구간에서 발생한 러팅 평균값과 표준편차 모두 비교구간보다 작게 나타났다. 즉, 시험시공구간의 러팅이 비교구간에 비하여 대체로 작고 분포가 좁아 시험시공구간이 비교구간보다 러팅 저항성 측면에서 더 우수하다는 것을 의미한다. 그 예로서 90% 확률의 경우 시험시공구간에서의 러팅은 1.83mm이고 비교구간에서는 6.00mm로 시험시공구간에서 4.17mm 더 작았다.

표 6. 신도안교 구간 (T9, C9) 러팅 비교

| 구간 번호 | 50%(mm) | 90%(mm) | 95%(mm) | 표준편차 |
|-------|---------|---------|---------|------|
| T9 | 1.19 | 1.83 | 2.01 | 0.50 |
| C9 | 3.10 | 6.00 | 6.82 | 2.27 |

(3) 종단 평탄성 (IRI)

그림 4와 같이 시험시공구간과 비교구간에서 0m/km에서 8m/km까지 측정된 IRI를 0.5m/km 단위로 나누어 백분율로 분포를 나타내었다. 시험시공구간에서는 2.0~2.5m/km, 2.5~3.0m/km의 IRI가 각각 23.8%로 가장 많았으며

6.0~6.5m/km 이상의 IRI는 측정되지 않았다. 비교구간에서는 2.0~2.5m/km의 IRI가 33.3%로 가장 많았고 3.5~4.0m/km에서 23.8%로 두 번째로 많았다. 전반적인 분포는 섬유보강 아스팔트 시험시공구간의 종단평탄성 분포가 비교구간 분포보다 왼쪽으로 치우친 모양으로 나타나 시험시공구간의 상태가 비교적 양호한 것으로 나타났다.

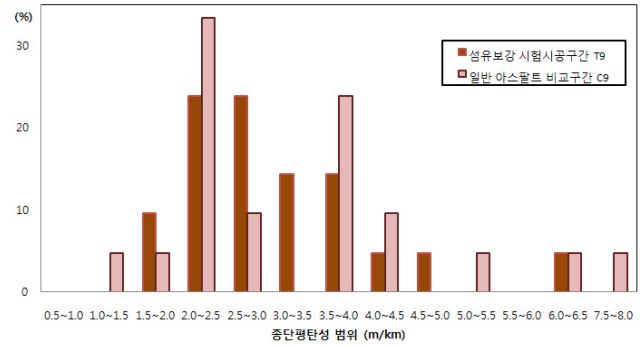


그림 4. 신도안교 구간 (T9, C9) IRI 비교

표 7의 통계적인 분석 결과를 살펴보면 시험시공구간에서 조사된 종단평탄성 평균값과 표준편차 모두 비교구간 보다 작게 나타났다. 즉, 시험시공구간의 종단평탄성이 비교구간에 비하여 대체로 작고 분포가 좁아 시험시공구간이 비교구간보다 종단평탄성 측면에서 더 우수하다는 것을 의미한다. 그 예로서 90% 확률의 경우 시험시공구간에서의 종단평탄성은 4.46m/km이고 비교구간에서는 5.36m/km로 시험시공구간에서 0.90m/km 더 작았다.

표 7. 신도안교 구간 (T9, C9) IRI 비교

| 구간 번호 | 50%(mm) | 90%(mm) | 95%(mm) | 표준편차 |
|-------|---------|---------|---------|------|
| T9 | 3.11 | 4.46 | 4.84 | 1.05 |
| C9 | 3.43 | 5.36 | 5.91 | 1.50 |

(4) 처짐

섬유보강 아스팔트 시험시공구간 T9에서 처짐을 측정했던 5 지점 중 1지점에서 매우 큰 오차가 발생하여 이를 제거하고 분

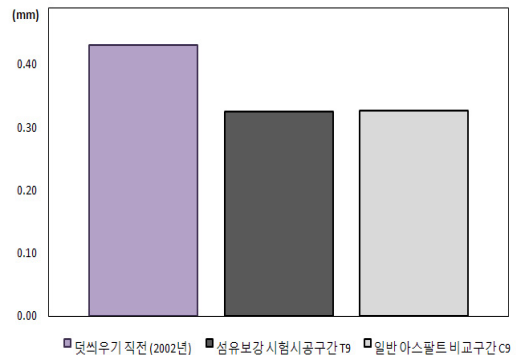


그림 5. 신도안교 구간 (T9, C9) 평균 처짐 비교

석하였다. 그림 5와 같이 시험시공구간과 비교구간의 처짐은 거의 동일했으며 덧씌우기 전보다는 훨씬 작게 측정되어 덧씌우기에 의한 효과가 있었던 것으로 나타났다.

3.3. 하구독사거리 (T10, C10)

3.3.1. 일반현황

하구독사거리 구간에서는 섬유보강 아스팔트 시험시공구간 T10와 일반 아스팔트보다 성능이 우수하다고 알려진 개질 아스팔트 비교구간 C10를 조사하고 비교하였다. 표 8과 같이 연장 200m 구간에 섬유보강 아스팔트 덧씌우기 시험시공을 실시하고 이어서 동일 시기에 동일한 차로에 연장 200m의 개질 아스팔트 비교구간을 시공하였다. 공용연수는 1년으로 짧았지만 섬유보강 아스팔트와 개질 아스팔트를 비교적 동일한 조건에서 비교분석했다는 점에서 의미가 있다.

표 8. 하구독사거리 구간 (T10, C10) 일반현황

| 구간 번호 | 노선 | 위 치 | 차로 수 | 시점 | 연장 (m) | 시공 연도 | 공용 연수 |
|-------|----|------------|------|-------------------|--------|-------|-------|
| T10 | 21 | 충남 서천군 마서면 | 4 | 일반국도29분기 (하구독사거리) | 200 | 2008 | 1 |
| C10 | | | | 하구독사거리 +0.200 | 200 | 2008 | 1 |

3.3.2. 분석 결과

(1) 균열율

섬유보강 아스팔트 시험시공구간 T10과 개질 아스팔트 비교구간 C10 모두 균열율 0%로 균열이 발생하지 않았다. 그러나 2010년 1월에 본 구간에서 추가로 실시한 육안 조사 결과 섬유보강 아스팔트 포장 구간에서는 균열이 발생하지 않았으나 개질 아스팔트 포장 구간에서는 부분적으로 균열이 발생한 것으로 관찰되었다. 향후 본 구간에서의 균열을 재조사와 비교분석 작업이 필요한 것으로 판단되었다.

(2) 러팅

시험시공구간과 비교구간의 러팅을 1mm 단위로 나누어 백분율로 나타내고 전체적인 경향을 비교하면 그림 6과 같다. 시

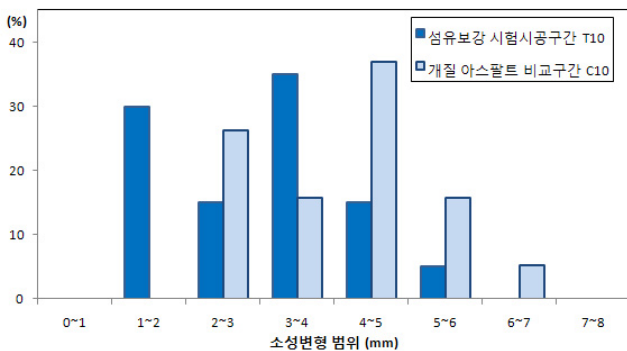


그림 6. 하구독사거리 구간 (T10, C10) 평균 러팅 비교

험시공구간에서는 3~4mm 범위의 러팅이 35%로 가장 많았으며 5~6mm 범위 이상의 러팅은 발생하지 않았다. 비교구간에서는 4~5mm 범위의 러팅이 36.84%로 가장 많았고 6~7mm 범위까지 러팅이 발생하였다. 전반적인 분포는 섬유보강 아스팔트 시험시공구간의 러팅이 비교구간에 비해 왼쪽으로 치우쳐 더 양호한 것으로 나타났다.

표 9의 통계적인 분석 결과를 살펴보면 시험시공구간에서 발생한 러팅의 평균값은 비교구간보다 훨씬 작았으나 표준편차는 약간 크게 나타났다. 즉, 시험시공구간의 러팅이 비교구간에 비하여 대체로 작았으나 분포는 약간 더 넓었다는 것으로 전반적으로는 시험시공구간이 비교구간보다 러팅 저항성 측면에서 더 우수하다고 말할 수 있다. 그 예로서 90% 확률의 경우 시험시공구간에서의 러팅은 4.14mm이고 비교구간에서는 5.10mm로 시험시공구간에서 0.96mm 더 작았다.

표 9. 하구독사거리 구간 (T10, C10) 러팅 비교

| 구간 번호 | 50%(mm) | 90%(mm) | 95%(mm) | 표준편차 |
|-------|---------|---------|---------|------|
| T10 | 2.53 | 4.14 | 4.60 | 1.26 |
| C10 | 3.58 | 5.10 | 5.53 | 1.18 |

(3) 종단 평탄성 (IRI)

그림 7과 같이 시험시공구간과 비교구간에서 0m/km에서 4m/km까지 측정된 IRI를 0.5m/km 단위로 나누어 백분율로 분포를 나타내었다. 시험시공구간에서는 1.5~2.0m/km의 IRI가 40%로 가장 많았으며 2.5~3.0m/km 이상의 IRI는 측정되지 않았다. 비교구간에서는 1.5~2.0m/km의 IRI가 35%로 가장 많았고 0.5~1.0m/km, 1.0~1.5m/km에서 30%로 두 번째로 많았다. 3.5~4.0m/km의 다른 IRI보다 비교적 큰 값도 측정되었다. 전반적인 분포는 섬유보강 아스팔트 시험시공구간의 종단평탄성 분포가 비교구간 분포보다 왼쪽으로 치우친 모양으로 나타나 시험시공구간의 상태가 비교적 양호한 것으로 나타났다.

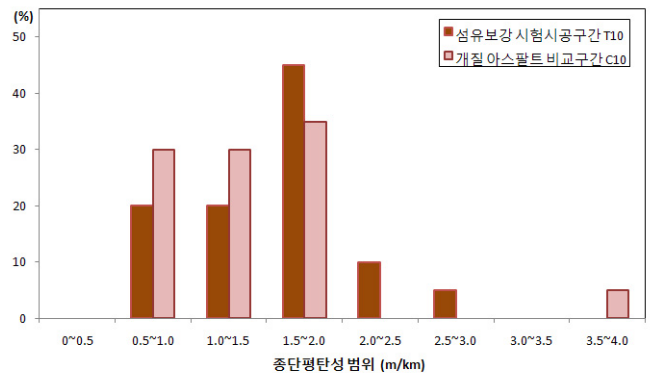


그림 7. 하구독사거리 구간 (T10, C10) 평균 IRI 비교

표 10의 통계적인 분석 결과를 살펴보면 시험시공구간에서 조사된 종단평탄성의 평균값은 비교구간보다 약간 컸으나 표준편차는 훨씬 작게 나타났다. 즉, 시험시공구간의 종단평탄성이 비교구간과 유사하거나 약간 컸으나 분포는 훨씬 좁았다는 것으로 전반적으로는 시험시공구간이 비교구간보다 종단평탄성 측면에서 더 우수하다고 말할 수 있다. 그 예로서 90% 확률의 경우 시험시공구간에서의 종단평탄성은 2.14m/km이고 비교구간에서는 2.32m/km로 시험시공구간에서 0.1m/km 더 작았다.

표 10. 하구독사거리 구간 (T10, C10) IRI 비교

| 구간 번호 | 50%(mm) | 90%(mm) | 95%(mm) | 표준편차 |
|-------|---------|---------|---------|------|
| T10 | 1.49 | 2.14 | 2.32 | 0.51 |
| C10 | 1.47 | 2.32 | 2.56 | 0.66 |

(4) 처짐

섬유보강 아스팔트 시험시공구간 T10와 개질 아스팔트 비교구간 C10의 처짐을 비교한 결과 그림 8과 같이 덧씌우기 직전인 2007년에는 두 구간의 처짐이 비슷하였으나 덧씌우고 난 후인 2009년에는 섬유보강 아스팔트 포장 구간에서 0.12mm가 감소되어 0.08mm만 감소한 개질 아스팔트 포장에 비하여 처짐에 대한 저항이 큰 것으로 나타났다.

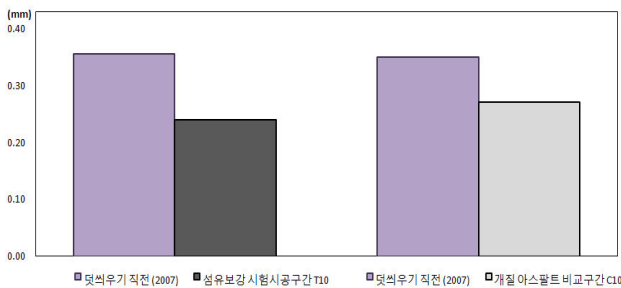


그림 8. 하구독사거리 구간 (T10, C10) 처짐 비교

4. 분석 결과 정리

도명식 외(2007)에 의해서 제안된 일반국도의 최적 유지보수 기준인 러팅 25mm 및 IRI 3.5m/km의 각 5%에 해당되는 러팅 1.25mm와 IRI 0.175m/km의 차이가 시험시공구간과 비교구간 간에 발생하는지의 여부로 공용성의 우열을 비교하였다. FWD (Falling Weight Deflectometer)에 의한 포장의 처짐과 러팅 간의 관계로서 일반국도의 포장상태 등급을 제시한 표 11(박성완 외, 2006)을 사용하여 일반국도 유지보수 기준인 러팅 25mm와 포장 상태 4등급일 때의 최소 처짐인 0.5mm의 5%에 해당하는 0.025mm의 차이가 발생하는지의 여부도 비교하였다. 1차 및 2차 조사를 통하여 얻어진 섬유보

강 아스팔트 시험시공구간과 일반 아스팔트 비교구간의 균열율, 러팅, 종단평탄성, 처짐을 통계적으로 비교분석한 결과는 표 12, 표 13, 그리고 표 14와 같다. 표 15는 비교분석 결과를 50% 확률을 기준으로 요약한 것이다. 여기서, 전체 구간에 대한 시험시공구간과 비교구간의 균열율이 모두 0%로 측정되어 균열율은 비교에서 제외하였다.

표 11. 러팅과 처짐에 따른 아스팔트 포장 상태 등급 기준 (박성완 외, 2006)

| 러팅(mm) | 처짐(mm) | | |
|--------|--------|----------|--------|
| | < 0.5 | 0.5~0.85 | 0.85 < |
| < 12 | 1 등급 | 2 등급 | 3 등급 |
| 12~20 | 2 등급 | 3 등급 | 4 등급 |
| > 20 | 3 등급 | 4 등급 | 4 등급 |

표 12. 비교에 적절한 구간 공용성 비교 결과

| 구간 번호 | 러팅(mm) 비교 | | | IRI(m/km) 비교 | | | 처짐(mm) 비교 |
|-------------|-----------|------|------|--------------|------|------|-----------|
| | 50% | 90% | 95% | 50% | 90% | 95% | 50% |
| T9 | 1.19 | 1.83 | 2.01 | 3.11 | 4.46 | 4.84 | 0.325 |
| C9 | 3.10 | 6.00 | 6.82 | 3.43 | 5.36 | 5.91 | 0.326 |
| T10 | 2.53 | 4.14 | 4.60 | 1.49 | 2.14 | 2.32 | 0.240 |
| C10 (개질ASP) | 3.58 | 5.10 | 5.53 | 1.47 | 2.32 | 2.56 | 0.272 |

* T : 섬유보강 아스팔트 시험시공구간

** C : 일반 또는 개질 아스팔트 비교구간

표 13. 비교에 제약이 있는 구간 공용성 비교 결과

| 구간 번호 | 러팅(mm) 비교 | | | IRI(m/km) 비교 | | | 처짐(mm) 비교 |
|-------|-----------|-------|-------|--------------|------|------|-----------|
| | 50% | 90% | 95% | 50% | 90% | 95% | 50% |
| T1 | 10.31 | 18.06 | 20.26 | 2.90 | 4.50 | 4.95 | 0.118 |
| C1 | 4.25 | 6.44 | 7.06 | 1.27 | 1.66 | 1.77 | 0.129 |
| T3 | 1.67 | 2.79 | 3.10 | 3.25 | 4.58 | 4.96 | 0.157 |
| C3 | 3.42 | 4.78 | 5.17 | 1.91 | 3.62 | 4.11 | 0.145 |
| T5 | 3.11 | 3.77 | 3.96 | 2.23 | 2.79 | 2.95 | 0.176 |
| C5 | 2.95 | 4.21 | 4.57 | 2.85 | 4.33 | 4.75 | 0.174 |
| T7 | 3.93 | 6.10 | 6.71 | 1.85 | 2.92 | 3.22 | 0.207 |
| C7 | 8.92 | 13.12 | 14.31 | 3.70 | 6.37 | 7.13 | 0.176 |
| T8 | 3.00 | 4.55 | 4.99 | 1.77 | 2.61 | 2.84 | 0.141 |
| C8 | 4.47 | 6.82 | 7.48 | 1.80 | 2.51 | 2.72 | 0.153 |

* T : 섬유보강 아스팔트 시험시공구간

** C : 일반 또는 개질 아스팔트 비교구간

표 14. 비교가 곤란한 구간 공용성 비교 결과

| 구간 번호 | 러팅(mm) 비교 | | | IRI(m/km) 비교 | | | 처짐(mm) 비교 |
|-------|-----------|------|------|--------------|------|------|-----------|
| | 50% | 90% | 95% | 50% | 90% | 95% | 50% |
| T2 | 5.66 | 6.62 | 6.89 | 2.85 | 4.51 | 4.98 | 0.032 |
| C2 | 4.40 | 5.96 | 6.41 | 2.93 | 4.23 | 4.60 | 0.094 |

| 구간 번호 | 러팅(mm) 비교 | | | IRI(m/km) 비교 | | | 처짐(mm) 비교 |
|----------|-----------|------|------|--------------|------|------|--------------|
| | 50% | 90% | 95% | 50% | 90% | 95% | 50% |
| T4 | 3.81 | 5.65 | 6.17 | 2.19 | 3.27 | 3.58 | 0.071 |
| C4 | 2.11 | 3.65 | 4.09 | 2.65 | 3.88 | 4.23 | 0.070 |
| T6 | 3.44 | 4.94 | 5.36 | 2.22 | 4.17 | 4.72 | 0.178 |
| C6 | 3.83 | 6.15 | 6.81 | 2.76 | 5.07 | 5.72 | 0.200 |
| T11 | 4.56 | 7.64 | 8.52 | 2.14 | 2.86 | 3.06 | 0.242 |
| C11 | 4.25 | 5.44 | 5.78 | 1.53 | 2.26 | 2.47 | 0.243 |

* T : 섬유보강 아스팔트 시험시공구간

** C : 일반 또는 개질 아스팔트 비교구간

표 15. 공용성 비교 결과 요약

| 비교 구간 | 균열율 | | 러팅 | | IRI | | 처짐 | |
|--------------------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|----------------|------------|----------------|
| 비교에 적절한 구간 (총 2구간) | 시험구간 우수 | 0/2구간 (0%) | 시험구간 우수 | 2/2구간 (100%) | 시험구간 우수 | 1/2구간 (50%) | 시험구간 우수 | 1/2구간 (50%) |
| | 비교구간 우수 | 0/2구간 (0%) | 비교구간 우수 | 0/2구간 (0%) | 비교구간 우수 | 0/2구간 (0%) | 비교구간 우수 | 0/2구간 (0%) |
| | 유사 | 2/2구간 (100%) | 유사 | 0/2구간 (0%) | 유사 | 1/2구간 (50%) | 유사 | 1/2구간 (50%) |
| 비교에 제약이 있는 구간 (총 5구간) | 시험구간 우수 | 0/5구간 (0%) | 시험구간 우수 | 3/5구간 (60%) | 시험구간 우수 | 2/5구간 (40%) | 시험구간 우수 | 0/5구간 (0%) |
| | 비교구간 우수 | 0/5구간 (0%) | 비교구간 우수 | 1/5구간 (20%) | 비교구간 우수 | 2/5구간 (40%) | 비교구간 우수 | 1/5구간 (20%) |
| | 유사 | 5/5구간 (100%) | 유사 | 1/5구간 (20%) | 유사 | 1/5구간 (20%) | 유사 | 4/5구간 (80%) |
| 비교가 관련한 구간 (총 4구간) | 시험구간 우수 | 0/4구간 (0%) | 시험구간 우수 | 0/4구간 (0%) | 시험구간 우수 | 2/4구간 (50%) | 시험구간 우수 | 1/4구간 (25%) |
| | 비교구간 우수 | 0/4구간 (0%) | 비교구간 우수 | 2/4구간 (50%) | 비교구간 우수 | 1/4구간 (25%) | 비교구간 우수 | 0/4구간 (0%) |
| | 유사 | 4/4구간 (100%) | 유사 | 2/4구간 (50%) | 유사 | 1/4구간 (25%) | 유사 | 3/4구간 (75%) |

비교에 적절한 2개 구간에 대해서 시험시공구간과 비교구간의 러팅을 비교한 결과 시험시공구간의 러팅 저항성이 더 우수한 것으로 나타났다. 종단평탄성의 경우 1개 구간에서는 시험시공구간이 더 우수한 것으로 나타났고 1개 구간에서는 유사한 것으로 분석되었다. 처짐 역시 1개 구간에서는 시험시공구간이 더 우수한 것으로 나타났고 1개 구간에서는 유사한 것으로 나타났다. 조사구간의 공용기간이 짧아 균열율은 0%로 모두 동일했다.

비교에 제약이 있는 5개 구간 중 3개 구간에서 시험시공구간의 러팅 저항성이 더 우수한 것으로 나타났고 1개 구간에서는 비교구간이 더 우수한 것으로 분석되었다. 종단평탄성은 2개 구간에서 시험시공구간이 더 우수했지만 2구간에서는 비교구간이 더 우수한 것으로 나타났다. 처짐은 5개 구간 중 1개 구간에서 비교구간이 더 우수한 것으로 나타났으며 나머지 구간에서는 유사했다. 균열율은 0%로 모든 구간에서 동일했다.

비교가 곤란한 4개 구간 중 2개 구간에서 비교구간의 러팅이 시험시공구간보다 더 작았고 2개 구간에서는 유사한 것으로 나타났다. 종단평탄성은 2구간에서 시험시공구간이 더 우수한 것으로 나타났지만 1개 구간에서는 비교구간이 더 우수한 것으로 분석되었다. 처짐은 4개 구간 중 1개 구간에서 시험시공구간이 더 우수한 것으로 나타났고 나머지 구간에서는 유사했다.

이상의 결과로 볼 때 비교에 적절하게 선정된 구간일수록 섬유보강 아스팔트 시험시공구간이 러팅, 종단평탄성, 처짐의 모든 공용성 항목에서 일반 또는 개질 아스팔트 비교구간보다 우수한 것으로 나타났다. 조사된 구간의 공용기간이 전반적으로 짧아 거의 모든 구간에서 균열이 발생하지 않았으므로 균열에 대한 저항 효과를 제대로 파악할 수 없었지만 일정 공용기간이 경과한 후 균열율을 재조사한다면 섬유보강 아스팔트 포장의 가장 큰 장점인 균열 저항성을 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 섬유보강 아스팔트 시험시공구간과 인근의 일반 또는 개질 아스팔트 비교구간에 대해 일정 공용기간이 경과한 후에 균열율, 러팅, 종단평탄성, 그리고 처짐을 측정하고 통계적으로 비교분석하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1차 조사는 주로 기존의 일반 아스팔트 포장에 섬유보강 아스팔트로 덧씌운 구간에 대하여 실시하였고 2차 조사는 주로 신설 섬유보강 아스팔트 포장 구간에 대하여 실시하였다. 신도안교 구간(T9, C9)과 하구독사거리 구간(T10, C10)을 제외한 구간들은 시험시공구간과 비교구간 간에 4년에서 16년까지 공용기간에 큰 차이가 있거나 시험시공구간이 신도안교 지점에 위치하든지 터널 또는 교량에 위치하여 비교구간과 동일한 조건을 갖추지 못하는 경우가 많았다. 이 외에도 공용기간이 1년에서 3년으로 공용기간이 짧은 구간도 있어 분석에 어려움이 있었다.
- 비교에 적절한 구간인 신도안교 구간(T9, C9)에 대해서 러팅과 종단평탄성의 분포를 분석한 결과 섬유보강 아스팔트 시험시공구간의 러팅과 종단평탄성이 일반 아스팔트 비교구간에 비하여 더 양호하였다. 하구독사거리 구간(T10, C10)에 대해 덧씌우기 직전과 덧씌우기 후의 공용성을 비교한 결과 섬유보강 아스팔트 포장의 러팅과 처짐에 대한 저항성이 개질 아스팔트 포장보다 향상된 것으로 나타났다.
- 분석을 통하여 비교에 적절하게 선정된 구간일수록 섬유보강 아스팔트 포장이 일반 또는 개질 아스팔트 포장에 비해서 러팅, 종단 평탄성, 처짐에 효과가 있는 것을 알 수 있었으며 조사구간의 공용기간이 짧아 균열에 대한 저항 효과는 제

대로 파악할 수 없었다. 일정 기간이 지난 후 균열율을 재조사한다면 섬유보강 아스팔트 포장의 가장 큰 장점인 균열 저항성을 확인할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구를 진행하면서 섬유보강 아스팔트 시험시공구간과 일반 아스팔트 비교구간을 동일한 조건에서 비교분석할 수 있는 구간이 수가 부족하였다. 따라서 향후 연구에서는 동일한 시기에 동일한 조건으로 시공된 최소 300m 이상의 구간을 조사하여 보다 신뢰성 높은 결과를 도출할 계획이다.

참고문헌

도명식, 한대석, 이종달, 이영욱(2007) "HDM을 활용한국도 포장 유지보수 공법에 대한 경제성 평가" *대한토목학회논문집*, 제 27권, 제 3D호, pp. 311-323

박성완, 황규영(2006) "서울시 도로의 포장 공용성 상태 평가" *서울도시연구*, 제 7권, 제 2호, pp. 25-39

안태봉, 양성철, 조삼덕, 김남호(2001) "토목섬유로 보강된 아스팔트포장의 응력-변형 거동특성" *한국도로학회논문집*, 제 3권, 제 1호, pp. 151-163

한국건설기술연구원(1999) "토목섬유를 이용한 아스팔트포장 내구성 증진 연구" 최종보고서

한국도로공사(1999), "포장균열 및 노면반사균열 억제방안 연구(III)", 연구보고서

Brown, S.F., Brunton, J.M., Hughes, D.A.B., and Broderick, B.V.(1985), "Polymer grid reinforcement of asphalt" *Annual Meeting of the Association of Asphalt Paving Technologists*, Texas, pp. 18~44

Gilchrist, A.J.T. (1989), "Control of reflection cracking in pavements by the installation of polymer geogrids," *Proceedings of the Conference on Reflective Cracking in Pavements*, Liege, Belgium, pp. 350~357

접 수 일 : 2010. 6. 29
심 사 일 : 2010. 7. 6
심사완료일 : 2010. 10. 6