

# 아스팔트 표면 강화공법의 현장 적용성 개선 방안 연구

조신행\* · 김경남\*\* · 김낙석\*\*\*

Jo, Shin Haeng\*, Kim, Kyungnam\*\*, Kim, Nakseok\*\*\*

## A Study on Improvement of Field Implementation of Asphalt Surface Reinforcement Method

### ABSTRACT

A study was carried out to improve the field implementation of asphalt surface reinforcement method which is a preventive maintenance. Mean Texture Depth (MTD) was measured to quantify the surface condition and used to determine the optimum application rate. Determining the application rate using MTD can reduce the material loss from 30% to 15%. In order to reduce the curing time to 30 minutes, the heat capacity of  $317 \text{ kcal/m}^2$  is required. Therefore, the design capacity of the heating curing device requires more than 380,000 kcal/hr. The asphalt surface reinforcement method is preferably applied at a time when slight cracking occurs before the permanent deformation becomes serious. Through the analysis of the pavement survey data, it was decided to apply the surface reinforcement method at the crack rate of 3~4%. Heating the surface reinforcement agent to  $50^\circ\text{C}$  improves workability and ensures sufficient penetration depth even at a crack width of 1 mm. The results will be utilized as basic data for the development of automated construction equipment for efficiency improvement.

**Key words** : Asphalt surface reinforcement method, Preventive maintenance, Application rate, Curing time

### 초 록

아스팔트 콘크리트 포장의 예방적 유지보수 공법인 아스팔트 표면 강화공법의 현장 적용성을 개선하기 위한 연구를 수행하였다. 포장표면상태에 따른 최적살포량을 결정하기 위해 평균조각깊이를 측정하여 투입량을 산정하면 기존 30%의 재료손실을 15% 이내로 절감할 수 있다. 양생시간을 30분 이내로 단축하기 위해  $317 \text{ kcal/m}^2$ 의 열량이 필요하며, 이를 위해 가열양생장치의 설계 용량은 380,000 kcal/hr 이상이 필요하다. 아스팔트 표면강화공법의 특성상 소성변형이 심각해지기 전에 약간의 균열이 발생하는 시기에 적용하는 것이 바람직하며, 포장상태 조사자료 분석을 통해 균열을 3~4%일 때 표면강화공법을 적용하는 것이 최적 적용시점으로 나타났다. 표면강화제를  $50^\circ\text{C}$ 로 가열할 경우 점도가 낮아져 작업성의 개선과 균열폭 1 mm 에서도 충분한 침투깊이를 확보할 수 있다. 본 연구를 통해 아스팔트 표면강화 공법의 현장 적용성을 개선하기 위한 방안을 도출하였으며 이는 효율성 개선을 위한 자동화 시공장비 개발의 기초자료로 활용 될 것이다.

**검색어** : 표면강화공법, 예방적유지보수, 살포량, 양생시간

## 1. 서론

도로포장은 도로이용자가 쾌적하고 안전하게 이용할 수 있도록 일정 수준 이상의 서비스 상태를 유지하여야 한다. 도로 포장은 교통하중과 환경적 요인으로 인해 균열, 소성변형 등의 파손이 발생하며 이를 보수하거나 재포장하는 일련의 활동을 포장 유지보수라고

\* 경기대학교 대학원 토목공학과 공학박사 (Kyonggi University · roadcreator@gmail.com)

\*\* 정회원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Kyonggi University · kimgoon000@gmail.com)

\*\*\* 중신회원 · 교신저자 · 경기대학교 토목공학과 교수 (Corresponding Author · Kyonggi University · nskim1@kgu.ac.kr)

Received January 24, 2017/ revised February 17, 2017/ accepted March 4, 2017

한다. 예방적 유지보수는 도로 포장이 사용하기 어려운 수준으로 파손이 진행되기 전에 유지보수 행위를 수행하여 포장의 수명을 연장함으로써 유지관리비용의 절감과 사회적 편익을 극대화 시키는 것이다.

아스팔트 표면강화공법은 아스팔트 콘크리트 포장의 표면에 일액형의 Micro-Bitumen Polymer 유제를 살포하여 Fig. 1과 같이 산소와 열에 의해 노화되는 아스팔트 바인더의 노화 속도를 지연시키고 표면 코팅을 통해 방수기능 향상 및 아스팔트 콘크리트의 내구성 향상을 위한 기술이다. 포장면에 코팅하는 공법이기에 때문에 시공방법이 간편하고, 시공시간이 짧아 교통통제가 단축됨으로 교통지체를 최소화할 수 있으며 포장 표면 마모를 억제하고

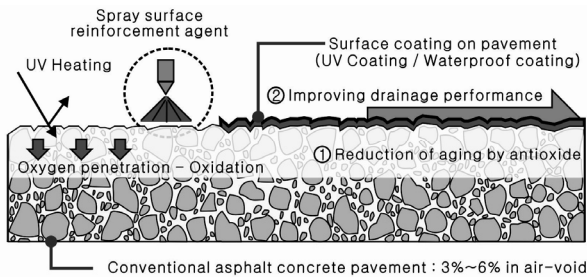


Fig. 1. Function of Surface Reinforcement Agent



Fig. 2. Construction by Manpower

미끄럼저항을 유지함으로써 교통사고 예방에 도움을 줄 수 있다.

아스팔트 표면강화공법은 Korea Testing & Research Institute (2014)의 평가자료에 따르면 촉진내후성 실험 결과 6,500 W Xenon Arc에 1,000 시간 노출 후에 균열 및 박리 등의 손상이 발견되지 않았으며, 10% 염화칼슘수용액, 포화 수산화나트륨 용액, 5% 황산 수용액, 5% 염산 수용액, 5% 질산 수용액에 의한 내화학성 실험에서도 변색 및 박리가 발견되지 않아 내화학성이 우수한 것으로 나타났다. 이외에도 염소이온 투과성 시험결과 평균 152 Colombs 으로 측정되어 양호한 것으로 평가되었으며 중성화 촉진 시험에서도 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 아스팔트 콘크리트 포장과의 부착성 실험에서는 표준조건에서 1.5 MPa, 동결융해 처리 후에는 1.3 MPa로 높은 수준의 부착성능을 나타내었으며, 0.1 MPa의 수압을 1시간동안 가한 내투수성 실험에서도 전혀 투수되지 않아 우수한 방수성능을 나타내는 것으로 평가되었다.

아스팔트 표면강화공법의 실제 실험과 시험시공으로 아스팔트 포장의 내구성 향상 효과는 검증되었으나 그 과정에서 Fig. 2와 같이 인력시공으로 인한 시공효율 저하와 균일한 품질확보에 대한 문제점이 나타났다. 표면강화제의 현장적용에서 나타난 문제점은 크게 3가지이다. 현장조건에 따라 살포량이 변동되나 객관적 근거 없이 현장에서 살포량을 임의 결정함에 따른 재료 손실의 증가, 기상조건, 야간공사에 따른 양생시간의 지연, 예방적 유지보수로서의 최적 적용시점의 결정이다. 본 연구에서는 아스팔트 포장의 내구성을 향상시킬 수 있는 표면 강화공법의 현장 적용성 개선방안을 도출하고 이를 바탕으로 향후 개발될 Fig. 3과 같은 자동화 시공 장비 개발의 기초자료로 활용하고자 한다.

## 2. 포장상태에 따른 살포량 산정

아스팔트 표면강화공법은 포장표면을 코팅하는 개념이기 때문에 포장 표면에 요철이나 공극이 많고 적용에 따라 사용되는 표면강화제의 양이 달라진다. 기존의 시공법은 시공자가 포

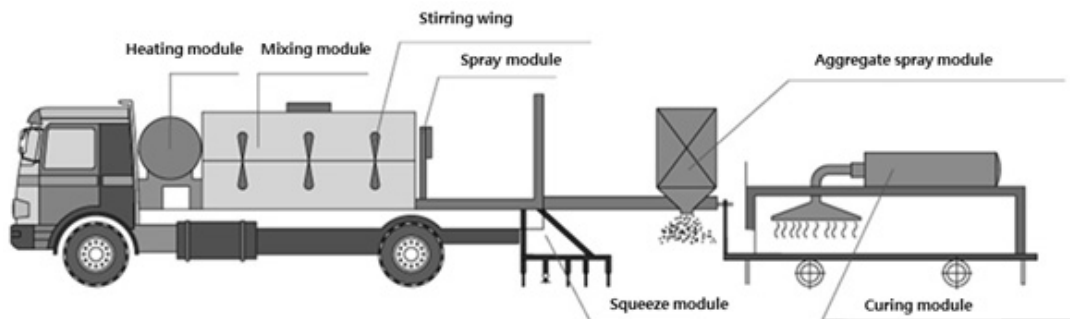


Fig. 3. Schematic of Automatic Construction Equipment

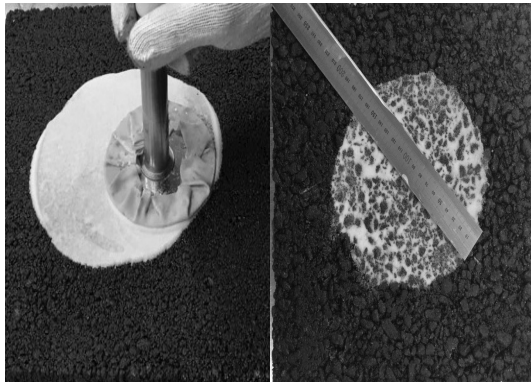


Fig. 4. Sand Patch Method

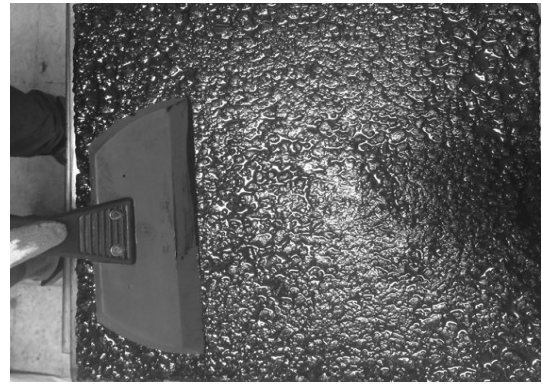


Fig. 5. Surface Adjustment

장상태를 육안관찰하여 주관적 판단에 의해 살포량을 결정하였으며, 따라서 재료 부족을 우려하여 필요량에 비해 과다한 양을 살포하고 과잉 살포된 재료는 작업 후 수거하여 폐기하였다. 과잉 살포된 표면강화제는 화학물질이기 때문에 산업폐기물로서 환경부담을 가중시키게 되며 처리 비용 상승을 초래한다. 시험시공을 통해 파악한 폐기량은 실제 필요량의 약 30% 이상으로 나타나 비용절감 및 폐기물 발생 최소화 측면에서 포장 표면 상태에 따른 적정 살포량의 산정이 필요하다.

아스팔트 표면강화제는 아스팔트 포장 표면에 살포되어 균열을 일부 충전하고 표면에 아스팔트 피복이 벗겨지거나 손실된 곳을 보수하는 역할을 함으로 포장표면의 상태에 따라 최적 살포량이 변화하게 된다. 이에 따라 본 연구에서는 포장 표면상태를 지표화하기 위해 평균조각깊이를 샌드패치법(sand patch method) (ASTM E965)으로 측정하였다. 밀입도, SMA 등 다양한 표면 상태를 갖는 포장에 대해 Fig. 4와 같이 일정량의 모래로 원을 만들고, 만들어진 원의 면적을 측정하여 Eq. (1)을 통해 평균조각깊이(mean texture depth)를 계산하였다.

$$MTD = \frac{4V}{\pi D^2} \quad (1)$$

$MTD$ : mean texture depth (mm)

$V$ : sample volume ( $\text{mm}^3$ )

$D$ : average diameter (mm)

평균조각깊이를 측정한 포장면에 표면강화제를 도포한 후 고무스퀴즈를 사용하여 Fig. 5와 같이 표면정리를 실시하고 살포된 양을 측정하였다. 평균조각깊이와 살포량을 정리하면 Table 1과 같다. 평균조각깊이는 입도가 고운 밀입도 포장의 0.53 mm부터 SMA 포장과 같이 표면이 거칠 경우 1.17 mm까지 분포하였다. Jo et al. (2012)의 연구에서 밀입도 포장의 평균조각깊이가 0.51~

Table 1. Application Rate due to MTD

MTD (mm)	Measured Application Rate ( $\text{g/m}^2$ )	Calculated Application Rate ( $\text{g/m}^2$ )
0.53	525.6	684.3
0.62	794.4	900.6
0.77	1,226.7	1,211.5
0.92	1,538.9	1,469.8
1.09	1,422.2	1,713.8
1.17	1,575.2	1,808.1

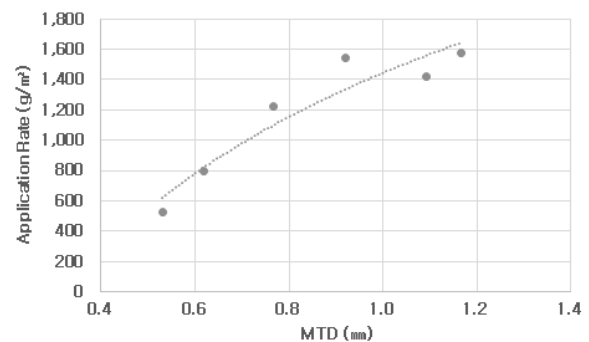


Fig. 6. Application Rate due to MTD

0.97 mm까지 측정됨에 따라 일반적인 포장의 평균조각 깊이에 대해 검토한 것으로 판단된다. 바인더 투입량은 평균조각깊이 0.53 mm 일 때  $525.6 \text{ g/m}^2$ 이며, 평균조각깊이 1.17 mm는 투입량이  $1,575.2 \text{ g/m}^2$ 로 표면 상태에 따라 살포량에 큰 차이를 보였으며 살포량과 평균조각깊이가 높은 상관성을 나타내는 것으로 나타났다. Fig. 6을 바탕으로 살포량 계산식(Eq. (2))을 도출하였다. Eq. (2)에서 할증계수는 표면강화제가 시공 중 부족하지 않도록 제시한 것으로 시험시공 및 실내실험 결과를 바탕으로 10%를 산정하였으나 향후 자동화 장비를 통한 균질살포가 가능해지고 현장 경험이 축적되면 실투입량에 더욱 근사하게 산정 가능 할 것이다.

$$R_A = (1299.2 \ln(MTD) + 1444.5) \times E_C \quad (2)$$

$R_A$  : application amount ( $\text{g/m}^2$ )

$MTD$ : mean texture depth (mm)

$E_C$  : extra coefficient (1.10)

Table 1에 나타난 것과 같이 실제 살포량과 계산을 통한 살포량의 차이는 포장 표면 상태에 따라 차이가 있으나 평균 12.2%로 나타났다. 따라서 기존 주관적 판단에 의해 살포량을 결정하였을 때 사용량의 30%의 재료손실량을 15% 이내로 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

### 3. 온도와 양생시간

도로포장 유지보수 공법은 공용중인 도로의 교통을 통제하고 시공하기 때문에 작업하는 동안 교통통제로 인한 불편을 초래하게 된다. 따라서 유지보수공법은 가능한 빠른 시간에 작업을 완료하는 것이 매우 중요하다. 표면강화제는 도로포장에 유제를 도포하는 방식으로 유제 살포 공정 및 표면 마무리는 비교적 신속하게 진행되거나 통행이 가능한 수준으로 경화되는 데 시간이 필요하다. 표면강화제는 포함되어 있는 휘발성분이 증발하면서 양생되는 방식으로 양생시간은 온도와 바람의 영향을 받게 된다.

방수제, 도료 등의 양생정도를 평가하는 방식은 주로 지촉건조시험이 적용된다. 본 연구에서는 온도에 따른 양생시간을 측정하기 위해 KS M5000에 제시되어 있는 방법에 따라 지촉건조시험을 수행하였다. Fig. 7과 같이 일정 온도에서 시간별로 손에 묻어나는 정도로 평가하였으나 측정자에 따른 오차가 발생하여 Fig. 8 과 같이 흡수성이 좋은 종이를 대고 일정한 무게를 가한 후 묻어나지 않는 상태를 완전히 양생된 상태로 판단하였다.

실험결과 Table 2와 같이 20°C에서 50분 만에 양생이 완료되었으며 온도가 높아질수록 양생시간이 짧아졌다. 아스팔트 표면강화제의 현장 적용성 개선에 있어 양생시간 목표는 20°C에서 30분 이내의 양생완료를 목표로 한다. Fig. 9에 나타난 것과 같이 30°C 이상에서는 30분 이내의 양생시간을 나타내나 이는 기온이 높은 여름철을 제외하고는 만족시키기 어려운 조건이다. 또한 유지보수 공사의 특성상 야간공사가 많기 때문에 양생시간을 단축하기 위한 Fig. 3과 같은 가열양생장비 개발을 고려하고 있다.

양생시간을 단축하기 위해 Fig. 10과 같이 히팅건으로 표면을 가열하여 80°C에 이르면 가열을 중단하고 양생시간을 측정한 결과 양생시간이 15분으로 감소하였다. 따라서 가열양생장치를 이용하여 포장표면을 약 80°C까지 가열할 경우 30분 이내에 양생을 완료할 수 있을 것으로 판단하였다.

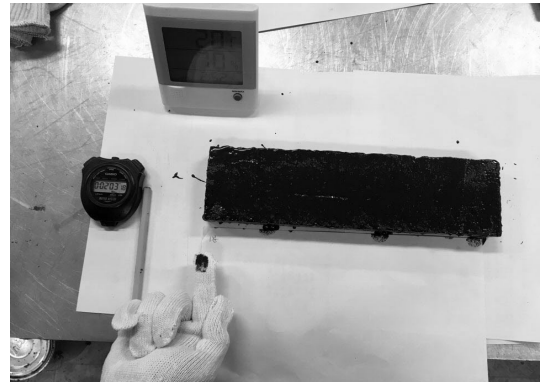


Fig. 7. Set-to-Touch Test

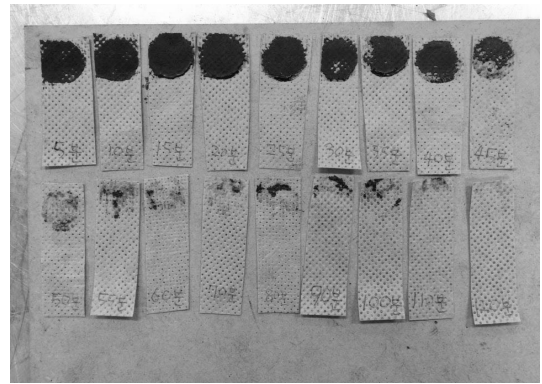


Fig. 8. Decision of Set-to-Touch Test

Table 2. Result of Set-to-Touch

Temperature (°C)	Curing Time (min)
10	120
20	50
50	20
60	10

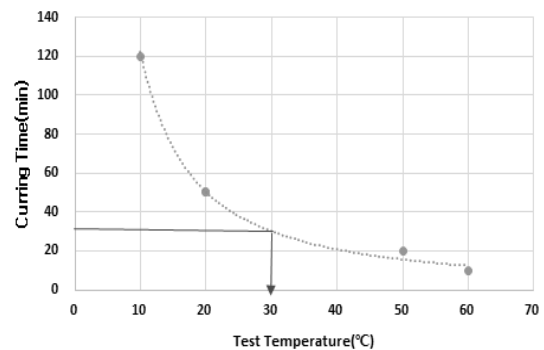


Fig. 9. Curing Time due to Temperature



Fig. 10. Heating by Heating Gun

가열기 용량 계산을 위해서는 아스팔트 콘크리트 포장을 가열하는데 필요한 열량을 계산하여야 한다. Lee et al. (2016)의 연구에 의하면 Eq. (3)에 의해 아스팔트 콘크리트를 가열하는데 필요한 열량을 계산할 수 있다.

$$Cal_{heat} = \frac{\alpha \rho V C \Delta T}{\eta} \quad (3)$$

$Cal_{heat}$  : calorie of heat device (kcal)

$\alpha$  : unit conversion coefficient (0.0002388495)

$\rho$  : density (2405 kg/m<sup>3</sup>)

$V$  : volume (m<sup>3</sup>)

$C$  : specific heat (1150.6 J/kg°C)

$\Delta T$  : temperature variation

$\eta$  : energy efficiency (0.5)

상은 20°C에서 포장표면의 가열면적 1.0 m<sup>2</sup>에 3 mm 두께에 대하여 80°C까지 가열하는데 필요한 열량은 317 kcal이다. 600 m<sup>2</sup>를 시공할 경우 30분 이내에 양생을 끝내기 위해서는 가열양생장치치는 약 380,000 kcal/hr의 열량을 가져야 하는 것으로 계산되었다. 시중에 판매되는 열풍기의 열량이 120,000 kcal/hr 임으로 3대를 사용할 경우 30분 이내에 양생을 마무리 할 수 있는 것으로 판단된다.

#### 4. 최적 적용시기 결정

표면강화제는 단순히 포장표면을 보호하는 역할이외에 미세균열 및 공극을 통해 포장내부로 침투하여 화학작용으로 노화된 아스팔트 바인더를 회생시키는 기능을 갖는다. Brown (1988), Chiu and Lee (2006), Brownrigg (2010) 등에 따르면 표면강화제의 아스팔트 바인더 회생기능으로 산화된 아스팔트 바인더의 화학

조성이 초기 상태와 유사하게 회복되고 포장표면의 보호막 역할을 수행하여 포장의 내구성 향상에 기여하는 것으로 연구되었다. 표면강화제의 예방적 유지보수 공법으로서의 경제적 효과와 성능적 효과를 극대화하기 위해서는 적절한 포장상태에서 적용하는 것이 중요하다. 즉, 포장의 상태가 양호할 경우에는 불필요한 보수를 실시함으로써 예산 낭비의 우려가 있으며 표면강화제가 포장내부로 침투하지 못해 아스팔트 바인더의 회생효과를 얻을 수 없다. 반대로 파손이 심각하게 진행된 경우는 표면강화제에 구조적 보수 효과가 없기 때문에 파손의 진전을 막을 수 없어 효과가 크지 않게 된다.

표면강화제의 최적 적용 시기는 포장에 약간의 균열이 발생하는 파손발생 초기단계이다. 하지만 이를 정량화한 기준은 없는 상태이다. 정량화된 적용시기 결정을 위해 포장상태조사 결과를 기준으로 삼고자 하였다. 포장상태조사를 통해 균열율, 소성변형, 평탄성을 기준으로 포장평가지수를 산정하여 도로포장의 상태를 평가하고 유지보수의 기준으로 삼고 있다. 서울시의 경우 서울시 포장평가지수(SPI, Seoul Pavement Condition Index)를 자체적으로 사용하고 있는데, SPI값 7~5 수준일 때 예방적 유지보수를 시행하도록 권장하고 있다. 하지만 SPI는 균열율, 소성변형, 평탄성을 종합하여 산정되는 것으로 소성변형이나 평탄성 개선효과가 없는 표면강화제의 적용시점을 결정하기에는 무리가 있으며 따라서 균열율을 기준으로 적용시점을 결정하고자 하였다. 서울시의 조사자료(Seoul Metropolitan Government, 2009)에 있는 67개 구간을 바탕으로 균열율과 SPI와의 상관성을 살펴보면 Fig. 11과 같다.

균열율 1~2%의 경우 SPI값으로 보았을 때 아직까지 보수가 필요 없는 수준도 있고 보수가 필요한 구간도 존재한다. 균열율 1~2% 구간에서 SPI가 7 이하인 경우에는 소성변형(rutting depth) 5mm 이상 발생한 경우로 이러한 경우는 표면강화제의 효과를 얻기 어려운 경우이다. 소성변형 5 mm이하인 구간에서 SPI가 7 이하인 경우는 균열율이 평균 3.35%로 나타났다. 또한 SPI값 7~6의 예방적 유지보수의 필요성이 나타나는 시기의 평균 균열율은

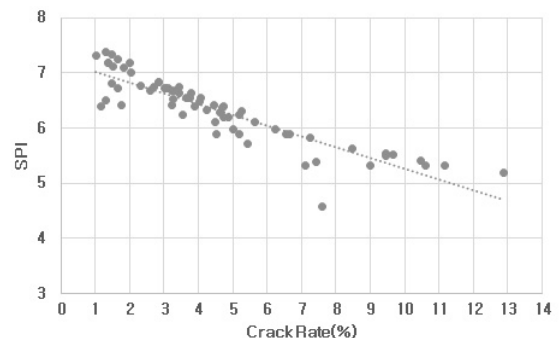


Fig. 11. SPI due to Crack Rate

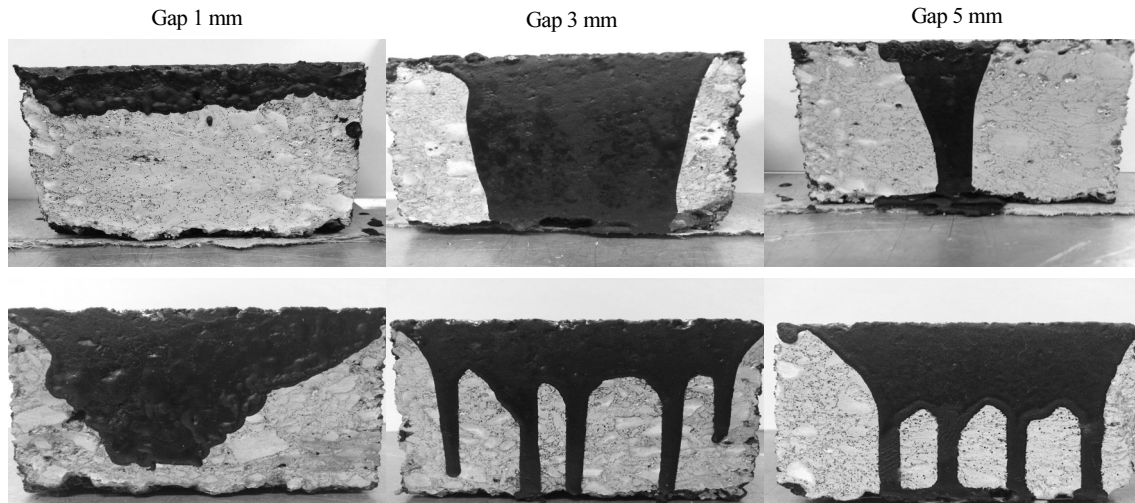


Fig. 12. Penetration Depth due to Gap (Up : 10,000 cP, Down : 2,600 cP)

3.46%이다. 표면강화제의 적용시점은 균열 발생초기인 점을 감안하여 균열을 3%에서 4% 사이를 적용시점으로 산정하는 것이 타당한 것으로 판단된다.

파손초기의 균열의 폭은 5 mm 이하이며, 자동포장조사장비에 인식되는 균열폭이 1 mm 임으로 표면강화제의 침투능력을 평가하기 위해 제작된 공시체를 컷팅하고 균열 간격을 1 mm, 3 mm, 5 mm의 균열을 모사한 후 상부에 표면강화제를 살포하고 균열부의 침투모습을 관찰하였다. 점도에 따른 침투 양상은 Fig. 12와 같다. Fig. 12 상단은 20°C에서 표면강화제 점도 10,000 cP 인 상태의 침투 모습으로 균열폭 1 mm 에서는 약 1cm 의 침투 깊이로 비교적 고르게 나타났으며 간격이 3 mm, 5 mm로 커질 경우 하부까지 그대로 흘러내리는 것이 관찰되었다. 표면강화제를 가열하여 50°C가 되면 점도가 약 2,600 cP까지 낮아지기 때문에 Fig. 12의 하단과 같이 더 용이하게 침투하며 특히 균열폭 1 mm 모사 실험에서도 약 4 cm 이상 침투하는 것을 알 수 있었다. Korea Testing & Research Institute (2015)의 연구에서는 투수성아스팔트를 사용하여 침투깊이를 측정한 결과 평균 25 mm의 침투깊이를 확인하여 표면강화제가 1~5 mm의 미세한 균열에도 포장내부로 원활히 침투하는 것을 알 수 있었다. 따라서 균열을 3~4%의 초기균열에서도 포장내부로 표면강화제가 침투하여 균열충진효과 및 포장 내구성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결론

아스팔트 콘크리트 포장의 예방적 유지보수 공법 중 하나인 아스팔트 표면 강화공법의 현장 적용성 개선을 위해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 샌드패치방법에 의한 평균조직깊이 측정으로 포장 표면의 상태를 정량화하고 이를 기준으로 살포량을 결정할 경우 기존 주관적 판단에 의한 시공시 발생하던 30% 이상의 재료 손실량을 15% 이하로 절감할 수 있다. 자동화 시공장비를 통해 정량 살포가 가능해진다면 재료 손실량의 추가적인 절감이 가능할 것이다.
- (2) 20°C에서 50분의 양생시간이 필요하나 포장 표면의 온도가 30°C 이상이면 양생이 30분 이내로 가능하다. 표면강화제 살포 후 표면온도를 80°C로 가열할 경우 양생시간은 15분으로 단축된다. 살포된 표면강화유제를 80°C 까지 가열하기 위해서는  $317 \text{ kcal/m}^2$ 의 열량이 필요하며,  $600 \text{ m}^2$ 을 시공할 경우 가열양생장치의 필요 열량은 약 380,000 kcal이다. 이를 만족하는 가열양생장치를 사용할 경우 포설후 양생시간을 30분 이내로 단축할 수 있어 신속한 시공이 가능하다.
- (3) 예방적 유지보수공법인 아스팔트 표면강화 공법은 포장 파손의 초기 단계에 적용하는 것이 바람직하며, 포장상태조사 자료로 분석한 결과 균열을 3~4%일 때 적용하는 것이 타당한 것으로 나타났다. 포장상태조사장비는 균열폭 1 mm부터 감지되며, 초기균열폭은 보통 5 mm 이하임으로 균열폭에 따른 표면강화제의 침투성능을 평가한 결과 표면강화제를 50°C로 가열하여 점도를 2,600 cP 로 낮출 경우 균열폭 1 mm 에서도 충분한 침투깊이를 확보할 수 있었다.

본 연구를 통해 아스팔트 표면처리공법의 자동화 시공장비 개발 및 현장 적용성을 개선함으로써 보다 경제적이며 효율적인 도로포장 유지관리 방안으로 활용될 수 있을 것이며 이와 유사한 예방적

유지보수 공법의 현장적용에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 국토부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구사업으로 이에 깊은 감사를 드립니다(과제번호: 17TBIP-C111627-02).

본 연구는 2017학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

## References

- Brown, E. R. (1988). *Preventative Maintenance of Asphalt Concrete Pavements*, National Center for Asphalt Technology, NCAT Report 88-01.
- Brownridge, J. (2010). "The Role of an Asphalt Rejuvenator in Pavement Preservation : Use and Need for Asphalt Rejuvenation." *The First International Conference on Pavement Preservation*, pp. 351-364.
- Chiu, C. and Lee, M. "Effectiveness of seal rejuvenators for bituminous pavement surfaces." *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 34, No. 5, 2006, pp. 1-5.
- Jo, S. H., Lee, S. H., Yoo, I. K. and Kim, N. S. (2012). "A development of skid resistance prediction model considering water film thickness and vehicle speed." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 32, No. 3D, pp. 223-229 (in Korean).
- Korea Testing & Research Institute (2014). The Evaluation of Patentability 'Waterproof and Surface Reinforcing Material of Asphalt Pavement, and Manufacturing Method There of, and Reinforcing Method of Asphalt Pavement using Waterproof and Surface Reinforcing Material', Korea Testing & Research Institute (in Korean).
- Korea Testing & Research Institute (2015). Development of Asphalt Coating Agent for Extending Service Life of 200%, Korea Testing & Research Institute (in Korean).
- Lee, K. H., Lim, J. S., Jeong, K. D., Im, J. H., Kwon, S. A. and Kim, Y. J. (2016). "Finite element analysis of heat transfer effect on asphalt pavement heated by pre-heater unit in hot in-place recycling." *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 18, No. 2, pp 73-82 (in Korean).
- ASTM E965 Standard Test Method for Measuring Pavement Macrottexture Depth Using a Volumetric Technique.
- KS M5000 Testing Method for Organic Coatings and Their Related Materials.