

# 예방적 유지보수를 위한 아스팔트 표면강화공법의 실내 성능 평가

김경남\* · 조신행\*\* · 김낙석\*\*\* · 이두성\*\*\*\*

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

## A Study on Performance Evaluation of New Asphalt Surface Reinforcement Method (ASRM) for Preventive Maintenance

### ABSTRACT

The new asphalt surface reinforcement method (ASRM) is one of the preventive maintenance methods in asphalt concrete pavements. The adhesion performance of new ASRM satisfied the standard of non-slip pavement and bridge waterproofing materials. As a results of durability tests (as wheel load, rolling bottle and UV resistance test), the new ASRM showed sufficient resistance to traffic and environmental loads. The waterproof and chemical resistance tests of new ASRM were conducted to evaluate whether the pavement could be protected from water and chemicals and the performances of new ASRM were satisfactory. Furthermore, the new ASRM demonstrated some rejuvenation effects due to its toughness increases in recycled asphalt concrete mixture by 5% compared to the conventional hot mix asphalt mixture using reclaimed asphalt pavement. In conclusion, the new ASRM was evaluated to protect the asphalt concrete pavement and increase the lifetime.

**Key words** : Asphalt surface reinforcement method, Preventive maintenance, Waterproofing, Toughness

### 초록

아스팔트 콘크리트 포장의 예방적 유지보수방법 중 하나인 표면강화공법의 실내 성능 평가를 수행하였다. 표면강화공법과 아스팔트 콘크리트 포장과의 부착력 평가 결과 미끄럼방지 포장 및 교면방수재료 기준을 상회하는 부착성능을 나타내었다. 윤하중재하실험과 바리저항성, UV저항성 실험을 통해 교통 및 환경하중에 대해 충분한 내구성을 확보할 수 있는 것을 확인하였다. 표면강화공법은 내투수성과 내화학성이 뛰어나 포장 내로 수분 침투를 막고 화학물질로부터 포장을 보호할 수 있으며, 노화된 아스팔트 바인더의 재생효과가 있어 재생 아스팔트 콘크리트에 적용하였을 때 재래식 가열 아스팔트 콘크리트 혼합물에 비하여 약 5%의 터프니스를 증가시켰다. 아스팔트 표면강화공법은 아스팔트 콘크리트 포장의 내구성을 향상시킬 수 있는 특성을 갖는 것으로 나타났다.

**검색어** : 표면강화공법, 예방적유지보수, 방수, 터프니스

## 1. 서론

아스팔트 콘크리트 포장은 노화(Aging)로 인한 경화(Hardening)와 취성(Brittleness) 증가로 내구성이 저하되며 균열과 같은 파손이 발생한다. 도로 관리 기관은 도로 포장의 기능 유지를 위해 지속적인 유지보수를 수행하고 있으며 이를 위해 많은 예산을 사용하고 있다. 하지만 늘어난 도로 연장과 가속화되는 도로 파손으로 일정수준 포장품질을 유지하기 위해서는 더 많은 자원을 필요로 하게

\* 경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정 (Kyonggi University · kyungnam248@gmail.com)

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

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

\*\*\*\* 정회원 · (주)일원테크 대표이사 (ilwontech · yido6020@naver.com)

Received December 19, 2017/ revised January 5, 2018/ accepted February 3, 2018

되었다. 따라서 보다 경제적이며 효율적인 도로포장 유지관리를 위한 방안의 필요성이 대두되고 있다. 또한 파손된 도로 포장을 제거하고 신규 포장을 실시하는 기존의 유지관리는 산업폐기물인 페이스팔트 콘크리트의 발생과 신규 아스팔트 혼합물 제조를 위한 재료와 연료소비로 환경적 문제를 발생시키고 있다.

도로 인프라의 구축이 일정수준에 도달한 우리나라의 도로 포장 분야는 신규 건설보다는 기존 도로의 적절한 유지보수를 통해 이용자에게 안전과 안락한 주행환경을 제공하는 개념으로 변화하고 있다. 특히 포장의 기능을 완전히 상실한 후 포장을 제거하고 다시 포장을 실시하는 방법 대신 기존 포장의 적절한 관리를 통해 공용수명을 연장하는 예방적 유지보수 관리 방법에 대한 관심이 높아지고 있다. 예방적 유지보수는 포장의 공용수명 연장을 위해 구조적 기능보다는 기존 포장의 보수와 보호를 목적으로 하는 공법들이 많으며 대표적인 예방적 유지보수 공법으로 칩셀(Chip Seal), 포그셀(Fog Seal)과 같은 표면처리공법이 있다. 이러한 표면처리공법은 기존 도로 파손상태가 심각한 경우에는 적용이 어려우나 파손 초기, 중기에 적용할 경우 포장의 수명을 연장하여 도로유지관리에 경제적인 것으로 알려졌다(Gransberg, 2006). 하지만 국내의 경우 대부분의 포장 유지관리가 신규포장 및 절삭 덧씌우기 공법에 집중되어 있어 예방적 유지관리 공법, 특히 표면처리공법의 적용이 미흡한 실정이다(Lee, 2017).

본 연구에서는 아스팔트 콘크리트 포장의 예방적 유지보수 공법으로 포장 표면에 도포하여 포장의 균열 충전 및 아스팔트 바인더의 노화 방지 및 방수기능 향상과 포장을 보호하여 내구성을 증가시킬 수 있는 표면처리공법 중 하나인 아스팔트 표면강화공법(ASRM, Asphalt Surface Reinforcement Method)의 특성 및 성능을 평가하고자 한다. 아스팔트 콘크리트 포장 표면처리공법은 아직 국내의 기준이 마련되지 않았기 때문에 미땅히 적용할 수 있는 실험방법이나 시방기준이 없는 실정이다. 본 연구에서는 유사한 공용 환경인 교면방수재료의 실험 방법과 문헌조사를 통해 선정된 실험을 수행하여 평가를 진행하였다.

## 2. 표면강화공법

도로포장 유지보수는 공용에 따라 포장기능이 저하되었을 경우 시공당시의 상태로 회복시키기 위하여 통상적으로 실시되는 작업을 말한다(Park, 2004). 도로포장 유지보수는 크게 근본적 유지관리(Corrective Maintenance), 예방적 유지관리(Preventive Maintenance)로 구분된다. 도로 포장이 기능을 상실하는 수준으로 파손되지 않은 상태에서 파손이 확대되지 않도록 사전에 보완하는 작업을 예방적 유지관리 방법이라 한다. 예방적 유지관리 방법은 포장층에 발생한 균열과 같은 파손을 보수하고 진전을 막아 포장층 하부로

우수 침투를 방지하는 균열처리공법과 포장표면의 경미한 라벨링, 산화 등으로 거칠어진 포장 표면을 보수하고 골재바리에 대한 저항을 위해 사용하는 표면처리공법으로 구분된다(Lee, 2017). 예방적 유지보수를 적절한 시기에 적용할 경우 유지보수비용을 최소화할 수 있는 가장 좋은 방법이다(MLIT, 2013).

아스팔트 혼합물은 생산, 운반 도중 단기노화(Short-term Aging)가 발생하며 시공 후 공용에 따라 장기노화(Long-term Aging)가 진행된다. 아스팔트 바인더의 노화는 산화와 휘발성분의 증발로 인하여 침입도가 감소하고 점도가 증가하는 등의 상당한 유변학적 특성 변화가 발생하는 것을 말한다. 아스팔트 바인더의 노화에 따라 아스팔텐(Asphaltenes) 성분의 대형분자 비율이 증가하여 안정성이 나빠지고 점도의 증가 및 신도(Ductility)의 감소현상이 발생한다(Kwon et al., 2015). 즉, 아스팔트 바인더의 노화는 아스팔트 바인더의 스티프니스를 증가시켜 균열에 취약해지고 균열의 진전에 따른 포장 파속을 가속화시키게 된다.

실제 아스팔트 바인더의 노화는 다양한 원인의 복합적인 작용에 의해 이루어지나 산소와 열에 의해 그 속도가 결정된다. 따라서 포장 표면의 코팅을 통해 아스팔트 콘크리트 포장의 수분과 산소와의 접촉을 최소화하여 노화 속도를 현저히 감소시키며, 포장 표면의 아스팔트 피복 벗겨짐, 일정 폭 이상의 균열 충전 등을 통해 포장의 내구성을 향상시키는 공법이 아스팔트 표면처리(Surface Treatment) 공법이다. 본 연구에서 검토한 표면처리공법은 Table 1과 같이 구성된 일액형의 Micro-Bitumen Polymer 표면강화유제로 노후 아스팔트 콘크리트 포장에 적용할 경우 Fig. 1과 같이 포장표면을 보호하고 아스팔트 바인더 재생기능의 가스를 생성하여 노화된 바인더를 재생시키는 기능을 한다.

Table 1. Material Mix Design

Classification	Mix Design (mass%)				
	Bitumen	Viscosity agent	Mineral admixtures	Surface desiccant	etc.
Surface reinforcement agent	17±10	3±1	70±10	3±1	7±1

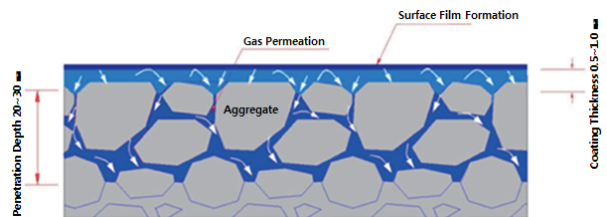


Fig. 1. Mechanism of Surface Reinforcement Agent

### 3. 표면강화제 성능 평가

아스팔트 콘크리트 포장 표면강화제와 같은 표면처리공법은 포장면 최상부에 도포되어 포장을 보호하는 기능을 수행하기 때문에 차량 통행에 따른 직접적인 마찰과 마모작용을 견딜 수 있어야 하며, 수분의 침투, 화학 제설제 등의 화학물질에 대한 내화학성의 확보, 안전을 위한 미끄럼저항 유지 등의 성능을 확보하여야 한다. 표면강화제의 성능 평가와 관련된 기준이 아직 정립되어 있지 않기 때문에 본 연구에서는 미끄럼방지포장, 교면포장방수공법 등의 기준을 검토하여 실험과 평가에 적용하였다.

#### 3.1 표면강화제의 내구성 평가

지속적인 교통하중은 아스팔트 바인더의 박리(Stripping)와 골재 탈리, 균열 등 포장표면 손상을 야기하며 강우, 강설 등으로 포장체로 수분이 침투하여 포장 파손을 가속화한다. 이는 포장 표면결함뿐 아니라 대형사고를 유발하는 포트홀까지 이어진다. 표면강화제는 예방적 유지보수 공법중 하나로 포장 유지관리 시점을 지연시키는 역할로 노후 포장체 보호를 위해 충분한 내구성을 가져야 한다.

##### 3.1.1 부착성능

표면강화제는 기본적으로 기존 아스팔트 콘크리트 포장면에 도포되어 차량 통행과 외부 환경 작용에 의해 벗겨져서는 안 된다. 따라서 표면강화제와 아스팔트 콘크리트와의 접착성능은 표면강화제의 기본적인 성능이라고 할 수 있다. 기존 포장과의 접착성능이 부족할 경우 이미 파손이 진행된 부위에 수분이 침투하여 파손이 급격히 진전될 우려가 있다.

아스팔트 콘크리트에 도포된 표면강화제의 접착성을 평가하기 위해 Fig. 2(a)와 같이 부착강도 실험을 수행하였다. 실험은 미끄럼 방지 포장체 품질기준(SPS-KTS.1102-1890)인 KS F 4936 (콘크리트 보호용 도막제)의 부착강도 시험법에 따라 수행하였다. 실험은 가로 70mm×세로 70mm×높이 20mm 크기의 시멘트 모르타르 시험용 밀판 표면에 표면강화제를 2mm 두께로 도포하여 시험편 연직방향으로 인장력을 가해 인장강도를 측정한다. 또한 반복적인 동결, 융해 환경에 대한 접착 내구성 평가를 위해 온랭 반복에 따른 접착성능을 평가하였다. 온랭 반복 처리는 양생된 시험체를 18시간 수침 후 즉시 -20±3°C 온도에서 3시간 냉각, 50±3°C의 온도에서 3시간 가온하는 것을 1 Cycle로 10회 반복한 뒤 인장강도를 측정하였다.

실제 공용중인 도로포장은 차량의 급가속, 제동 등 타이어 접지압에 의해 포장체에 전단응력이 발생한다. 표면강화제는 차량타이어와 직접 닿기 때문에 더 큰 전단력이 발생하며 이에 대한 저항성을



(a) Tensile Adhesion Test (b) Shear Adhesion Test

Fig. 2. Adhesion Test

Table 2. Result of Adhesion Test

Test		Result	Requirement
Tensile adhesion strength (N/mm <sup>2</sup> )	Normal	1.5	Minimum 1.0 (KS F 4936)
	After Freezing-Thawing Repeat	1.3	Minimum 1.0 (KS F 4936)
Shear adhesion strength (N/mm <sup>2</sup> ) (at 20°C)		1.4	Minimum 0.80 (KS F 4932)

평가하고자 하였다. 필름형태로 도포되는 표면강화제의 전단접착강도 평가를 위한 실험 방법이 없어 교면용 도막 방수제(KS F 4932)의 전단접착강도 실험을 수행하였다. 가로 300mm×세로 300mm×높이 50mm 크기의 2개 아스팔트 콘크리트판 사이에 표면강화제를 도포한 후 가로 100mm×세로 100mm의 크기로 절단한 시험편을 사용하였다. Fig. 2(b)와 같이 전단접착강도 시험 장치에 거치한 후 1mm/min의 속도로 하중을 가하여 전단 강도를 측정하였다.

부착강도 실험결과 Table 2와 같이 표준상태 1.5MPa, 온랭 반복처리상태 1.3MPa로 콘크리트 보호용 도막제 품질기준을 만족하는 것으로 나타났다. 통상적으로 아스팔트 관련 실험은 후처리 실험값에 대한 품질기준을 표준상태 대비 80% 이상으로 보고 있다. 온랭 반복처리 실험 결과 표준상태 대비 약 87%로 큰 온도변화와 강우강설시에도 충분한 내구성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 전단접착강도 실험결과 1.4MPa로 교면용 도막방수제 품질기준 0.6MPa를 2배 이상 상회하는 수준으로 측정되었다. 인장과 전단모드의 부착성능 평가결과 표면강화제의 부착성능은 매우 양호한 것으로 나타났다.

##### 3.1.2 윤하중 저항성

교통하중에 대한 표면강화제 처리 공법의 내구성 평가를 위해 윤하중 저항 및 동적수침 실험을 수행하였다. 윤하중 저항 시험은 타이어 접지압 및 마찰이 높은 코너링 구간, 주차장 구간 등의 모사가 가능한 KS F 4937 (주차장 바닥용 표면 마감제)의 곡선 윤하중 시험방법에 따라 수행하였다. 시험법은 가로 300mm×세

로 300mm×두께 50mm의 콘크리트 밑판에 표면강화제를 2mm 도포한 후 Fig. 3(a)와 같이 300kgf의 추를 적재한 타이어를 5km/h의 속도로 주행하여 80,000회 회전하였을 때 균열, 갈림, 탈락 등의 표면 상태를 평가한다.

강우·강설 시 수분은 아스팔트 바인더와 골재를 박리시켜 포트홀과 같은 파손을 발생시킨다. 표면강화제도 수분의 영향으로 인해 부착력이 감소할 수 있으므로 동적수침실험을 수행하였다. 시험은 European Standard EN-12697-11에 따라(MLIT, 2017) Fig. 3(b)와 같이 표면강화제로 피복된 굵은 골재를 양생 후 유리병에 시료를 투입하고 25°C에서 24시간 동안 60rpm으로 회전시켜 박리, 탈락 등 골재 표면 상태를 평가한다.

시험결과는 Table 3과 같으며 윤하중 저항시험 결과 80,000회의 윤하중 재하 후 균열, 표면 갈림 등 표면손상이 없는 양호한 상태를 나타내었으며, 동적수침실험결과 피복율 62%로 일반적인 아스팔트 바인더가 50% 이하의 피복율로 박리방지제를 사용하여야 하는 점을 감안 하였을 때 수분으로 인한 표면강화제의 박리 위험은 크지 않은 것으로 나타났다. 부착성능 실험과 윤하중 저항시험, 동적수침시험 결과를 종합적으로 고려하였을 때 표면강화제가 교통하중과 환경조건에 따라 떨어지거나 벗겨지지 않고 충분한 내구성을 가질 것으로 판단되었다.



(a) Wheel Load Test



(b) Rolling Bottle Test

Fig. 3. Durability Test

Table 3. Result of Durability Test

Test	Result	Requirement
Wheel Load Test (300kg, at 80,000Cycle)	No damage	No damage
Rolling Bottle Test (%)	62	Minimum 50% (MLIT, 2017)

### 3.1.3 UV 저항성 평가

표면처리제품의 경우 태양광에 직접 노출되어 자외선(UV)에 의한 경화가 발생할 수 있다. UV 저항성을 평가하기 위해 KS M ISO 4892-2 (플라스틱-실험실 광원에 의한 폭로 시험방법-제2부 : 제논아크 램프)의 태양광 필터를 이용한 폭로 실험을 수행하였다. 시험조건은 방사조도(Irradiance) 0.51w/m<sup>2</sup>, 6,500 W Xenon Arc를 사용하여 102분 건조후 18분 수분 투입하는 것을 1 Cycle로 1,000 시간 후 표면 상태를 관측하였다.

UV 저항성 실험결과 Table 4와 같이 미끄럼 방지 포장재 품질기준인 300 시간을 초과하는 1,000시간 노출 후에도 균열, 박리 등의 표면 손상이 없어 UV 저항성이 우수한 것으로 나타났다.

### 3.1.4 미끄럼 저항성

표면처리공법은 포장표면에 바인더를 도포하기 때문에 미끄럼 저항이 감소할 우려가 있다. 표면강화제 적용 후 미끄럼저항을 KS F 2375 (노면의 미끄럼저항성 시험방법)에 따라 Fig. 4의 BPT (British Pendulum Tester) 실험을 수행하였다.

실험결과 Table 5와 같이 개질유화아스팔트를 도포하는 포그셀 공법(Product A)와 가열 아스팔트 바인더를 도포하는 공법(Product B)의 경우 BPN이 30~35로 매우 낮은 값을 나타내는 반면 표면강화공법(ASRM)의 경우 BPN 75로 미끄럼 방지 포장재

Table 4. Result of UV Resistance Test

Test	Result	Requirement
Accelerated Weathering Test (300h)	No damage (at 1,000h)	No damage



Fig. 4. British Pendulum Tester

Table 5. Result of Surface Frictional Properties

Test	Result (BPN)	Requirement
Cement Concrete	80	Minimum 55 (SPS-KTS.1102-1890, 2017) Minimum 57 (at S1 Grade) (MLTMA, 2012)
ASRM	75	
Product A	30	
Product B	35	



기준과 국토해양부 도로설계편람의 마찰력 확보가 매우 중요한 구간의 기준을 상회하는 것으로 나타났다. 표면강화제의 경우 미끄럼저항 확보를 위해 광물성 혼화제를 사용하였으며 이를 통해 기준 이상의 미끄럼 저항을 확보할 수 있는 것으로 확인되었다.

### 3.2 포장보호 효과 검증

#### 3.2.1 균열부 보수 효과

표면처리공법은 초기 또는 중기 파손 상태의 포장에 적용되기 때문에 발생한 균열을 사전에 보수하거나 표면처리공법 자체가 균열보수효과가 있는 것이 좋다. 표면강화제의 균열 보수 효과를 평가하기 위해 균열 침투성능 평가를 실시하였다. 포장의 미세균열을 모사하기 어려워 공극률 20%의 다공성 아스팔트 콘크리트 공시체 제작 후 상부에 표면강화제를 도포한 후 공시체를 2등분하여 KS D 0246 (도금 두께 시험 방법)의 현미경 단면 시험 방법으로 침투 깊이를 Fig. 5와 같이 측정하였다. 측정결과 Table 6과 같이 20.4~29.0mm의 침투깊이가 확인되어 포장에 발생한 미세균열을 표면강화제 시공으로 보수 할 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 균열 충전 기능은 포장체 내부로 수분과 공기의 침투를 막아 아스팔트 콘크리트의 노화를 저감할 수 있다.

#### 3.2.2 내투수성 및 내화학성

표면강화제의 포장보호성능을 평가하기 위해 수분과 화학물질의 침투에 대한 저항성을 평가하였다. 내투수성 실험은 KS F 4936의 내투수성 시험방법에 따라 시험체에 0.1MPa의 수압을 1시간 동안 가하여 시험체 중앙부를 2분할하여 표면강화제를 도포한 하부에 물이 침투되었는지를 확인하는 방법으로 수행하였다.

내화학성 평가는 염화이온 저항성(KS F 4936)과 중성화 저항성(KS F 2584)과 KS M 5000 시험법에 따라 염화칼슘(CaCl<sub>2</sub>), 포화 수산화나트륨(NaOH), 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 염산(HCl), 질산(HNO<sub>3</sub>) 수용액에 대한 저항성을 평가하였다.

실험결과 Table 7과 같이 내투수성 시험에서 수분이 침투하지 않아 방수기능을 수행할 수 있는 것으로 나타났다. 염화이온 침투 실험의 경우 콘크리트 교면용 도막방수제 기준인 100 Coulombs 이하를 만족하는 95 coulombs으로 측정되었다. 이외에 염화칼슘, 수산화나트륨, 황산, 염산, 질산 등의 화학약품에 의한 저항성 평가 결과 변색, 박리 등의 손상이 나타나지 않아 내화학성이 우수한 것으로 확인되었다. 미세균열을 충전하고 내투수성 및 내화학성이 뛰어난 표면강화제는 수분에 의한 아스팔트 콘크리트 파손을 저감할 수 있으며, 엔진오일, 제빙화학제와 같은 화학물질로부터 포장을 보호하여 포장의 내구성을 연장시킬 수 있을 것으로 기대된다.

#### 3.2.3 노화비인더 재생효과

표면강화제의 원재료 공급업체가 제공한 해외시험성적서에 따르면 표면강화제를 시공하고 8주 후 채취한 코어시료에서 아스팔트 바인더를 추출하여 성분검사를 실시한 결과 기존 노화된 아스팔트 바인더의 아스팔텐 성분비가 35.63%에서 32.10% 감소하고 아로마틱 오일 성분이 11.75%에서 12.25%로 늘어난 것으로 측정되었다. 이와 같은 변화는 폐아스팔트 콘크리트(RAP)에 적용하는 재생 첨가제의 기능과 유사한 것이다.

표면강화제의 아스팔트 바인더 재생효과를 확인하기 위해 RAP 50%를 사용한 WC-1 밀입도 아스팔트 공시체를 제작하였다. 제작된 공시체는 표면강화제의 화학적 작용이 원활하도록 공극률 7%로

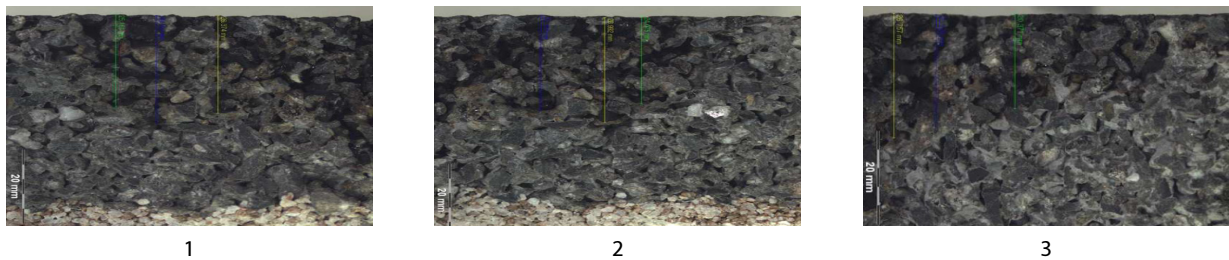


Fig. 5. Penetration of Surface Reinforcement Agent

Table 6. Result of Penetration Test

No.	Result	
	Max (mm)	Min (mm)
1	26.4	25.2
2	29.0	24.1
3	26.8	20.4
Avg.	27.4	23.2

Table 7. Result of Impermeability and Chemical Resistance Test

Test		Result	Requirement
Impermeability		No penetration	No penetration (KS F 4936, KS F 4932)
Chemical resistance	Resistance chloride ion penetration (coulombs)	95	Maximum 1,000 (KS F 4936) Maximum 100 (KS F 4932)
	Accelerated carbonation depths (mm)	0	Maximum 1.0 (KS F 4936)
	10% CaCl <sub>2</sub> aqueous solution	No damage	No damage
	NaOH (saturation) aqueous solution	No damage	No damage
	5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> aqueous solution	No damage	No damage
	5% HCl aqueous solution	No damage	No damage
	5% HNO <sub>3</sub> aqueous solution	No damage	No damage

Table 8. Results of Toughness

Item	Toughness (N·mm)	Avg. (N·mm)
New HMA	9,550	9,137
	8,430	
	9,430	
RAP HMA	5,870	6,777
	7,830	
	6,630	
RAP HMA with ASRM	8,210	7,123
	5,840	
	7,320	

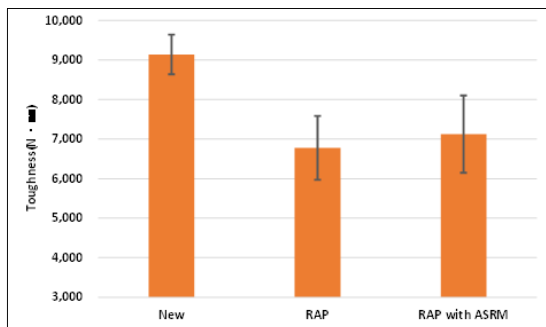


Fig. 6. Result of Toughness & Deviation

다짐을 하였다. RAP 아스팔트 콘크리트와 가능한 유사한 입도로 신규골재와 스트레이트 아스팔트(PG 64-22)만 사용한 공시체를 공극률 7%로 제작해 비교군으로 사용하였다. 준비된 공시체에 대해 20°C에서 간접인장강도 터프니스를 측정하였으며, 결과는 Table 8과 같다. 신규재료만 사용한 공시체의 터프니스가 9,137Nmm

였으나 노화된 RAP을 골재로 사용한 RAP 아스팔트 콘크리트의 터프니스는 6,777N·mm로 감소하였다. 표면강화제를 한쪽 면에 도포하고 3개월 동안 방치한 공시체의 터프니스는 7,123N·mm로 소폭 증가한 것으로 나타났다. 하지만 RAP을 사용한 공시체의 경우 실험값의 편차가 컸으며, Fig. 6에 나타난 것과 같이 표면강화 공법 적용 유무에 따른 터프니스의 결과 값의 표준편차를 감안하면 뚜렷한 개선효과를 확인하기는 어려웠다. 이는 표면강화제가 수개월에서 수년간 지속적으로 노화아스팔트 바인더를 재생하기 때문에 3개월경과 후의 개선정도가 낮을 수 있으며, 표면강화제의 노화 바인더 재생효과가 뚜렷한 아스팔트 콘크리트의 성능을 향상시키는 것이 아니라 바인더의 노화를 지연시키는 역할을 수행하는 역할을 하기 때문일 수도 있다. 표면강화제의 재생효과와 관련해서는 장기간에 걸친 현장 코어 시료에 대한 성분분석과 추적조사를 통해 보다 면밀한 분석이 필요할 것으로 보인다.

표면강화제의 노화 아스팔트 바인더의 재생효과를 통한 포장수명 개선 효과를 정량적으로 분석하고자 하였으나 뚜렷한 경향을 확인할 수 없었다. 하지만 서울시 관내도로에 시험포장 후 약 2년간의 추적조사를 진행한 결과 표면강화공법이 포장의 수밀성 개선을 통한 포트홀 저감효과와 균열저항성 향상 및 미끄럼 저항 확보 기능을 통해 포장의 공용성능을 유지하는데 효과가 있는 것으로 조사되었다(Lee, 2017).

#### 4. 결론

아스팔트 콘크리트 포장의 예방적 유지보수 공법 중 하나인 아스팔트 표면강화공법의 현장적용성 개선을 위해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 표면강화제는 미끄럼저항포장과 교면방수공법에서 요구되는 부착강도 기준을 만족하며 교통하중 모사를 위한 윤하중재하실험, 수분에 의한 박리저항성평가 등을 통해 포장표면에 도포시 충분한 부착력과 내구성을 갖는 것으로 나타났다.
- (2) 포장표면에 표면강화제를 도포한 후 실시한 내투수성 실험에서 불투수 성능을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 포장층 내부로 수분이 침투하는 것을 막아 포장의 내구성 향상에 기여할 수 있는 것으로 나타났다. 내화학성실험결과 다양한 화학물질로 인한 파손 위험이 발생하지 않아 화학물질로 인한 포장의 파손을 저감할 수 있는 것으로 나타났다.
- (3) 표면강화제의 노화 아스팔트 바인더의 재생효과를 검증하기 위해 RAP 아스팔트 콘크리트 공시체에 대한 간접인장강도 터프니스 측정결과 평균값은 5% 증가하였으나 결과값의 편차가 커 분명한 경향성을 파악할 수는 없었다. 노화 아스팔트 바인더의 재생효과를 정량적으로 평가할 수 없었으나 균열충진 및 표면코팅을 통한 내투수성 및 내화학성의 증가와 마모저항성 및 미끄럼저항성 확보로 아스팔트 콘크리트 포장의 공용수준 유지효과를 기대할 수 있다.

### 감사의 글

이 논문은 국토부의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구사업으로 이에 깊은 감사를 드립니다(과제번호 : 17TBIP-C111627-02). 본 연구는 2018학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

### References

Gransberg, D. D. (2006). "Correlating chip seal performance and

construction methods." *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1958, Transportation Research Board of the National Academies, pp. 54-58.

Kwon, O. S., Kang, M. S. and Ok, C. G. (2015). "A study of change in asphalt pavement degree of oxidation by performance period." *Proceedings of the International Journal of Highway Engineering conference*, Vol. 2015, No. 10. p. 56 (in Korean).

Lee, S. Y. (2017). "Field performance evaluation of preventive maintenance methods." *International Journal of Highway Engineering*, Vol. 19, No. 2, pp. 103-112 (in Korean).

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTMA) (2012). *Road Design Manual* (in Korean).

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT) (2013). *Road Pavement Maintenance Manual* (in Korean).

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT) (2017). *Asphalt Mixture Construction Guidelines* (in Korean).

Park, K. W. (2004). *A study on the improvement of the road maintenance system -on the pavement maintenance of national highway*, Master's Thesis, Inha University (in Korean).

KS F 4936, *Coating materials for the protection of concrete* (in Korean).

KS D 0246, *Methods of thickness test for metallic coatings* (in Korean).

KS M ISO 4892-2, *Plastics-methods of exposure to laboratory light sources-part 2: xenon-arc sources* (in Korean).

KS F 2375, *Standard test method for measuring surface frictional properties using the british pendulum tester* (in Korean).

KS F 2584, *Standard test method for accelerated carbonation of concrete* (in Korean).

KS F 4937, *Surface finishing material for parking slab* (in Korean).

KS M 5000, *Testing method for organic coatings and their related materials* (in Korean).

KS F 4932, *Waterproofing membrane coating for concrete deck of bridge* (in Korean).

SPS-KTS. 1102-1890, *Pavement materials for antiskid* (in Korean).