

소수성 특성을 이용한 저점도 AP 표면처리재의 현장 적용성 연구

A Study on Field Applicability Evaluation of the Hydrophobic - Low Viscosity Surface Treatment Material for Pavement Preventive Maintenance

최준성 Choi, Jun Seong | 정회원 · 인덕대학교 토목환경설계과 교수 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail: soilpave@induk.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : Surface treatment material for pavement preventive maintenance should be inspected field applicability. This study(Part II) aimed to checkup coating characteristics and performance analysis using lab and field tests. The hydrophobic - low viscosity filling material for pavement preventive maintenance is presented in Part I , which is a series of companion study.

METHODS : Relative comparison between general asphalt mixtures and surface treatment asphalt mixtures are analyzed and measured for the field application such as indirect tensile strength ratio(TSR), abrasion resistance, crack propagation resistance, temperature resistance, coating thickness, permeability resistance and skid resistance in terms of british pendulum number(BPN).

RESULTS : It is found that TSR, crack propagation resistance and permeability resistance is increased as against uncoated asphalt specimen. Abrasion resistance and temperature resistance is secured from the initial coating thickness point of view, which is about 0.2~0.3mm. Skid resistance on the surface treatment pavement is satisfied with the BPN criteria of national highway because of exposed aggregate and crack sill induced pavement deterioration and damage cracks.

CONCLUSIONS : The hydrophobic - low viscosity surface treatment material for pavement preventive maintenance is validated on field applicability evaluation based on quantitative analysis of coating thickness and performance analysis using lab and field tests.

Keywords

field applicability evaluation, hydrophobic, low viscosity, surface treatment material, performance analysis

Corresponding Author : Choi, Jun Seong, Professor
Induk University, 12, Choansan-ro Nowon- gu, Seoul,
139-749, Korea
Tel : +82.2.950.7565 Fax : +82.2.950.7579
E-mail : soilpave@induk.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jan. 9, 2014 Revised Jan. 14, 2014 Accepted Feb. 10, 2014

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

국내에서 포장보수에 사용되는 공법으로는 근본적 보수공법인 덧씌우기 공법이 대부분이며, 예방적 보수공법으로는 균열보수나 표면처리 중 마이크로 서피싱이 적용되었고, 최근 선진외국의 다양한 예방적 보수공법

들의 국내적용 필요성 및 공법들의 연구가 이루어지고 있다. 예방적 유지관리는 포장의 보존과 질 저하를 감소시키는 목적으로, 적절한 시기의 예방적 유지관리를 실시함으로써 포장수명 증대 및 유지보수 비용 절감에 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 예방적 유지보수 공법 중 포그실은 골재의 덧씌우기 없이 희석된 아스팔트 유제를 살포하는 것으로서, 아스팔트 산화방지 및 방수층

을 형성함으로써 다양한 아스팔트 포장 표면의 복구, 표면 균열의 실링, 라벨링의 예방, 그리고 본선과 길어깨의 구분에 사용된다. 포그실은 일반적으로 포장에 다른 보수방법이 적용되기 이전에 가장 먼저 실시될 수 있는 예방적 보수방법으로, 피로균열이나 탈리 등이 발생한 비교적 양호상태의 포장에 적용하는 것이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다. 포그실 적용시기는 포장 공용 후 1년~3년안에 시행하도록 추천되고 있으며 공용수명은 1~2년내로 보고되고 있다(Hawaii DOT, 2003, Wisconsin DOT, 2003). 균열실링은 주로 미세초기균열이 시작되는 신설포장에 행하여지며, 주로 활동성 균열인 횡방향과 종방향의 균열에 적용된다. 적용시기는 2~4년내 적용하며, 3~5년정도의 공용수명으로 알려져 있다(Song et al., 2012). 그러나 균열실링은 포장표면에 흉한 검은 색 아스팔트줄 발생으로 가격대비 효과에도 불구하고 민원발생 우려가 크며, 포그실은 포장상태가 양호한 공용초기에 실시되어야 하므로 기존 PMS업무흐름의 수정 및 표면의 마찰력 감소우려와 현장공용성 검증의 어려움이 보고되고 있다(Choi et al., 2012). 본 연구의 제 1단계에서 개발한 균열실링 및 포그실 계열의 소수성 저점도 AP 침투용(Hydrophobic-Low Viscosity Surface Treatment Material, HL-TM) 표면처리재는 균열실링 및 포그실 효과로 인하여 균열진전 방지 및 포설 차로의 방수층 형성과 더불어 포장표면색깔을 전체적으로 신규포장과 같도록 하는 기대효과가 있다. 따라서 본 연구에서는 제 1단계에서 개발된 소수성 저점도 AP 표면처리재의 현장에서의 적용성을 평가하고자 소수성 저점도 AP 침투용 도로포장 표면처리공법의 공용성 분석과 표면처리재의 도포특성 및 미끄럼특성을 분석하였다.

2. 현장적용을 위한 공용성분석

2.1. 상대적 수분저항성 시험 (TSR)

아스팔트 혼합물의 강도는 아스팔트 골재 입자간의 맞물림과 점착력 또는 골재의 마찰저항성 등으로 결정되는데, 초기균열부분으로의 수분침투에 의해 골재와 아스팔트 사이 접촉면에서 파괴가 발생하여 균열이 확폭되며, 아스팔트의 박리현상이 가속화된다. 본 연구의 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재로 인한 아스팔트 혼합물의 수분저항성 증진을 분석하기 위하여 수분저항성 시험을 실시하였다. 시험 방법으로는 ASTM D 4687에서 제시된 시험 방법을 채택하였으며, 그 단계는 수분처리 전후로 나뉘어 인장강도를 측정하여 이

를 토대로 수분저항성을 평가한다. 먼저 가열 아스팔트 혼합물 기준에 맞게 배합설계 수행 후 기준입도 WC-3으로 합성입도를 선정하였다. 실제 현장다짐과 유사한 조건을 모사하기 위하여 슈퍼페이브 선화다짐기를 이용하여 다짐횟수 기준에 따라 100회 다짐을 실시하였다.

Table 1을 보면 시험공시체가 국내기준인 TSR 0.75값을 만족함을 알 수 있다. 그러나 본 연구의 소수성 저점도 AP 침투재는 아스팔트 도로 포장에 도포가 되면 방수기능으로 균열 증진을 예방하는 효과를 가지기 때문에 본 연구에서는 ASTM에서 제시하고 있는 모든 시험기준(공극률, 용해온도 등)을 동일하게 적용한 후, 진공포화장치를 이용한 시편의 수분 강제포화방법과 더불어 공시체의 함침방법으로 추가시험을 수행하였다. 추가시험은 공시체 함침방법이므로 ASTM에서 제시하고 있는 24시간 포화시간을 3배로 늘려 72시간 동안 60℃에서 수침 후 25℃에서 약 2시간 양생하여 간접인장강도 시험을 수행하였다. 본 시험은 상대적으로 소수성 저점도 AP 침투재를 적용함으로써 일반 혼합물에 대한 포장성능 증진에 대한 효과분석을 실시한 것이다. 일반 HMA 기준으로 소수성 저점도 AP 침투재 표면처리 시 TSR값이 증가하였으며, TSR이 1 이상인 이유는 아스팔트 혼합물 공시체 제작 시 소수성 저점도 AP 표면처리재(HL-TM)가 공극으로 침투하여 소수성 저점도 AP 표면처리재가 아스팔트바인더처럼 작용함으로써 초기 인장강도가 증가하였으나 이를 측정하지 못하고 일반 HMA의 초기값을 사용하였기 때문으로 사료된다.

Table 1. TSR Test Results

| Condition | | Tensile Strength (MPa) | Impregnated Tensile Strength (MPa) | TSR | Note |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|------|--|
| Untreated Specimen | General HMA | 1.22 | 0.94 | 0.77 | Satisfied domestic Criteria (ASTM D4687) |
| | General HMA | | 1.11 | 0.91 | |
| Treated Specimen | HMA coating with HL-TM | | 1.30 | 1.06 | 72hour Impregnated Method |

2.2. 휠트래킹 시험을 통한 AP 표면처리재의 내마모 특성분석

내마모 시험은 도로포장에 가해지는 차량의 하중으로 인한 자동차 타이어와 도로포장의 접지면과의 마찰을 통해 포장에 발생하는 마모정도를 알아보기 위한 시험이다. 본 연구에서는 아스팔트 휠트래킹 시험기를 활용하여 소수성 저점도 AP 표면처리재의 표면마모를 확인하였다. 공시체를 거치한 후 상온(20℃)에서 공시체 표면위에 타이어 하중 686N의 하중을 재하하여 시험편을 왕복운동시켜 횡수에 따른 변형량을 측정하였다. 휠트래킹 시험의 경우 본래 소성변형을 측정하기 위한 시험장비로서 본 연구에서는 소수성 저점도 AP 표면처리재의 마모가 아닌 소성변형으로 인해 발생하는 데이터 오류를 줄이고 초기 코팅 후 코팅재의 마모특성을 보고자 상온의 동일한 세 개의 공시체에서 20,000회까지만 측정을 실시하였다. Table 2의 시험결과, 초기값에서 20,000회까지 초기 코팅 후 코팅두께가 유지되는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구의 표면처리재 포설후 일정기간 코팅두께를 유지할 수 있다고 사료된다.

Table 2. Abrasion Test Results for the Hydrophobic-Low Viscosity Surface Treatment Specimen

| Class | Wheel Tracking Cycle | | | | | | | | | | |
|-------|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | Initial Value(mm) | 200 | 1,000 | 2,000 | 3,000 | 4,000 | 5,000 | 10,000 | 14,000 | 18,000 | 20,000 |
| A | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 | 53.9 |
| B | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 | 53.8 |
| C | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 | 53.3 |

2.3. 균열확장 저항성 측정

본 연구에서 개발한 소수성 특성을 이용한 저점도 AP 침투재 표면처리공법은 균열초기에 예방적 유지보수공법으로 적용하여 균열진전을 늦추어 포장파손 억제 및 포장수명 연장을 목적으로 한다. 따라서 균열확장 저항성을 공용 중에 어느 정도 효과가 있는지 분석하고자 소형 포장가속시험을 실시하였다. 소형 포장가속시험기(MMLS3)는 소성변형저항성, 수분민감성, 균열저항성 등을 평가하기 위한 장비이다. 소수성 저점도 AP 침투용 도로포장 표면처리재의 균열확장 저항성 측정시험을 위하여 시험용 공시체가 현장상황을 대변하도록 3종류와 평균값을 위한 3개씩 총 9개로 코어링하여 준비하였

으며, Table 3은 AP 침투재 코어링 공시체들로서 A~C 3개조는 일반 HL-TM과 W-A~W-C 3개조는 겨울철용 HL-TM을 사용하여 표면처리한 것이다.

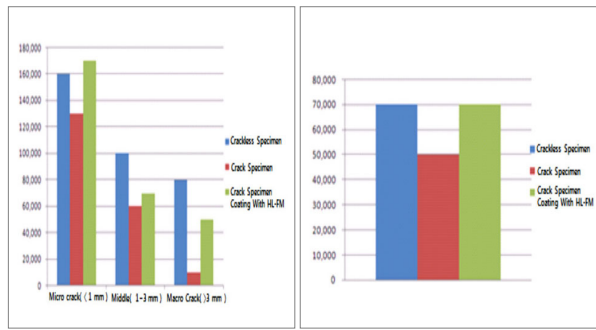
Fig. 1은 MMLS3 시험 시 건조상태와 20℃의 수침상태로 시험한 모습이다. 시험결과는 다음 Fig. 2와 같으며, 일반 균열시료의 경우 10,000회에서 관통균열로 파괴까지 일어났으며, 소수성 저점도 AP 침투재로 보강한 시료의 경우 50,000회에서 파괴되었으며, 겨울철용 소수성 저점도 AP 침투재로 보강한 경우 60,000회에서 관통균열 파괴가 일어났다. Fig. 2와 같이 균열폭과 깊이에 따른 분석결과, 균열이 작은 시료(1mm 이하)의 경우 일반균열 시료와 소수성 저점도 AP 침투재 표면처리 시료 모두 파괴 시까지 100,000회 이상을 버틴 반면, 균열깊이가 중간(1~3mm) 및 큰(3mm 이상) 경우 일반 균열시료에서 먼저 파괴가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 Fig. 2(c)와 같이 균열폭이 큰 경우 소수성 저점도 AP 침투재 표면처리한 경우 약 10배의 성능차이가 나타났다. 이 시험에서 알 수 있듯이 균열폭과 균열깊이가 어느 정도 일어난 시료의 경우 HL-TM AP 침투재의 침투효과가 뚜렷하게 나타났지만, 균열폭과 균열깊이가 미세한 경우 소수성 저점도 AP 표면처리재의 침투정도가 적어 효과가 뚜렷하지 못함을 알 수 있었다. 따라서 균열폭과 균열깊이를 정량화하는 기준정립이 필요함을 알 수 있었다.

Table 3. Preparation Specimen for the Crack Propagation Resistance

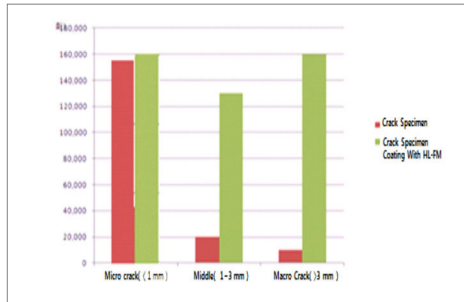
| Class of HL-TM | Sample | Specimen Condition | Note |
|------------------|--------|--|---|
| General HL-TM | A-1 | Crackless Specimen Crack Specimen Crack Specimen coating with HL-TM | B, C Class with Same Condition |
| | A-2 | | |
| | A-3 | | |
| HL-TM for Winter | W-A-1 | Crackless Specimen Crack Specimen Crack Specimen coating with HL-TM | W-B, W-C Class with same condition |
| | W-A-2 | | |
| | W-A-3 | | |



Fig. 1 Dry Condition(Left) and Submerge Condition (Right) on the MMLS3 Test



(a) HL-TM (b) HL-TM for Winter



(c) Analysis according to Crack Type

Fig. 2 MMLS3 Test Results

2.4. 소수성 저점도 AP 표면처리재 온도 저항시험

온도 저항시험의 경우 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재가 적용된 경우, 대기온도 변화에 따른 포설된 도로포장표면의 변화를 살펴보고자 실시하였다. 시험에 사용되어진 항온항습조는 -50~150℃ 까지 온도 변화가 가능한 Fig. 3과 같은 온도 챔버를 사용하였다. 소수성 저점도 AP 표면처리재 처리공시체를 상온 20℃에서 시작하여 시간에 따라 5℃씩 온도를 상승시켜 확인한 결과, 처음 대기온도 20~30℃에서는 아무 변화가 없었던 반면, 대기온도 35℃, 표면온도 32℃에서는 표면처리된 표면이 고체상태에서 조금씩 반고체상태로 변하는 것을 볼 수 있었다. 이후 대기온도 40~60℃ 까지 0.2~0.3mm 코팅두께는 반고체상태가 되어도 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 반고체상태 시 타이어 주행 시 타이어 마찰로 인하여 벗겨질 위험성이 있으므로 40℃ 이상에서의 시공 및 양생 시 주의가 필요함을 알 수 있었다. 이를 위해 실제 소수성 저점도 AP 표면처리재 침투성능을 고려하여 시험 중이에 소수성 저점도 AP 표면처리재 용액을 발라 온도실험을 20℃에서의 끈적거림을 기준으로 실시한 결과 Table 4와 같이 반고체상태를 유지함을 알 수 있었다. 또한 2.3절의 20℃의 수조 MMLS 3시험에서 100,000회 하중까지 재하된 현장에서 코어링한 공시체의 표면이 양호하였으므로 충분한 양생 시 현장에서의 문

제점은 없으리라 사료된다.

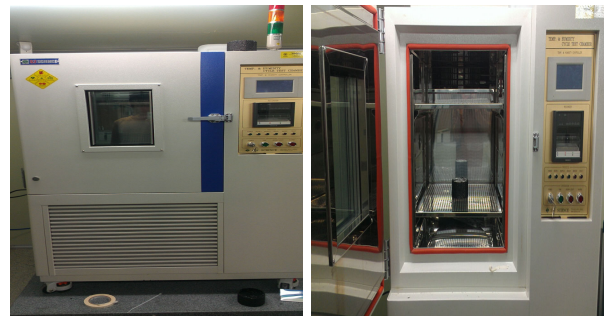


Fig. 3 Constant Temperature and Humidity Chamber

Table 4. Temperature Resistance Test Results of Paper coating with HL-TM

| Date coating with HL-TM | Test Date | Tamp. | Paper coating with HL-TM | Viscid Condition |
|---|-----------|-------|--------------------------|---|
| 20. March | 2. April | 20℃ | | Standard |
| | | 45℃ | | More Gluey than 20℃ |
| | | 55℃ | | More Sticky But dosen't Peel with Pencil Scratch Test |
| Test Time 30minutes according to Each Temp. (Humidity 45~50%) | | | | |

3. 현장적용성 분석

3.1. AP 침투재 코팅두께 시험

소수성 저점도 AP 침투재로 표면처리된 포장의 코팅 두께 시험은 현장 시공 시 사용되는 실제 장비를 활용하여 아스팔트 도로포장의 도포 후 코팅두께를 측정하였다. 아스팔트 포장에 소수성 저점도 AP 침투재로 코팅 표면처리를 실시한 후 코어링을 통한 두께 측정은 아스팔트 표면 거칠기가 다르므로 그에 따른 코팅두께 측정이 정확하지 않아 아크릴판, 플라스틱, 철판, 유리, 알루미늄 판 등과 같이 표면이 평탄한 재료를 활용하여 재시험하였다. 마이크로미터를 사용하여 기준 값으로 초기 두께를 측정 후 Fig. 4와 같이 소수성 저점도 AP 침투재 분사장비를 활용하여 도포 및 양생 후 두께를 측정하였다. 측정된 두 값의 차이를 통해 도포두께를

Table 5와 같이 비교·분석하였다. 유리의 경우 시공장비를 통하여 코팅하는데 어려움이 있어 롤러를 통하여 직접 코팅하였으므로 다른 재료들에 비하여 두께가 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 따라서 유리를 제외한 나머지 재료에 표면처리 시 코팅두께는 약 0.2~0.3mm임을 알 수 있었다. 그러나 본 연구의 전단계 연구결과인 표면처리재의 균열침투 최대깊이가 균열을 따라 6mm정도이므로 실제 균열 현장에서는 다소 다를 것으로 판단된다.



(a) HL-TM Dispensing System



(b) Surface Treatment View



(c) Treatment Figure

Fig. 4 Coating Thickness Test of the Hydrophobic-Low Viscosity Surface Treatment Material

Table 5. Results of Coating Thickness Test

(Unit: mm)

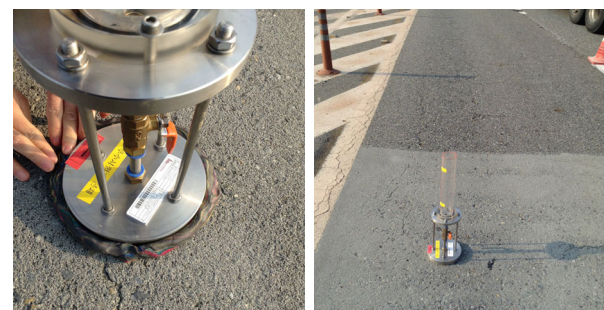
| Class | Sample | Average Initial Thickness | Average Thickness after coating with HL-TM | Average coating Thickness |
|-------|----------------|---------------------------|--|---------------------------|
| 1 | Acrylic Board | 2.968 | 3.161 | 0.193 |
| 2 | Plastic Plate | 3.068 | 3.329 | 0.261 |
| 3 | Iron Plate | 4.493 | 4.717 | 0.224 |
| 4 | Glass Plate | 2.268 | 2.410 | 0.142 |
| 5 | Aluminum Plate | 1.037 | 1.354 | 0.317 |

3.2. 현장투수시험 평가

균열구간의 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재의 시간에 따른 투수감소능력을 평가하고자 본 연구의 전단계 재료개발 연구에서 실시한 실내시험과 별도로, 표면처리 후 1년이 지난 국도 21호선 현장에서 현장투수 시험을 실시하였다. 시험은 균열구간의 침투량에 대하여 처리구간에 대한 상대평가를 실시하고자 200cc를 5분간 투수시켜 투수된 양을 측정하였다. 다음 Fig. 5는 현장투수 평가구간과 시험전경이며 Table 6은 시험결과이다. 현장투수시험결과 실내시험과 같이 표면처리재



(a) Sections of Treatment(left) and Untreatment(right) with HL-TM (b) Preparation on the Crack Section



(c) Set up In-Situ Permeability Tester (d) Test Section View (Up: Treated, Down: Untreated)

Fig. 5 In-Situ Permeability Test

Table 6. In-Situ Permeability Test Results of the 21-National Pavement

| Item | Section 1 (Middle Crack) | | Section 2 (Micro Crack) | | Note |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------|----------------------------|---------|--|
| | Untreated | Treated | Untreated | Treated | |
| Average Amount of Water Percolation | 62 | 21 | impermeable | | In the case of Section 2 after 20minutes OutBreak of Side-Ejection because of Clogging |
| Surface Temp. (°C) | 18.2~22 | 18.8~21.8 | 20.2~20.8 | 18.2~21 | |

의 공극침투와 소수성 특성이 나타나는 것으로 판단되며, 다만 미세균열의 경우 2.3절 결과와 같이 표면처리하지 않은 구간에서도 시간경과 후 주변 오염물질로 인하여 균열막힘현상이 나타나 표면처리재의 개선효과를 확인할 수 없었다.

3.3. 현장적용 미끄럼 특성 평가

미끄럼 저항이란 차량의 타이어와 포장노면 사이에서 발생하는 미끄러짐을 방지하여 제동거리를 제어하고 주행안정성을 확보하는 것으로, 운전자의 승차감과 안전감 있는 도로 주행을 위해 도로 표면의 거칠기를 산정하여 평가하는 일반적인 기준이다. 이를 위해 국토(국토해양부), 한국도로공사에서도 미끄럼 저항기준을 제시하고 있다. 포그실 공법의 경우 표면의 마찰력 감소우려가 있으므로 본 연구에서 개발한 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재의 마찰력을 나타내는 미끄럼 저항을 분석하였다.

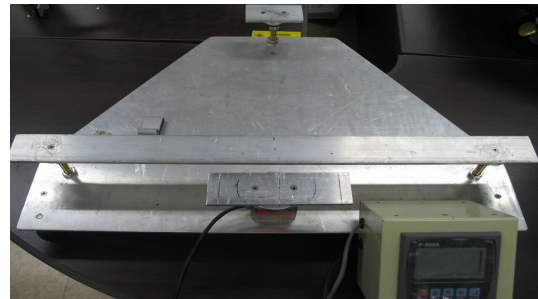
3.3.1. 미끄럼저항 측정장비의 장력측정

본 연구에서는 소수성 저점도 AP 표면처리재의 마찰력을 측정하기 위해서 미끄럼저항 측정장비인 Fig. 6과 같이 BPT(British Pendulum Tester)를 사용하였으며, BPT는 ASTM E 303에 규정된 표면마찰특성 측정법에 사용되는 장비이다. 이러한 BPT를 이용하여 미끄럼 마찰저항을 정량화한 값으로 제시되는 값을 BPN이라고 하며 이 값이 클수록 마찰력이 크다는 것을 의미한다. 하지만 국내에서 제작된 BPT장비와 국외에서 수입된 BPT장비 간의 BPN측정값이 다르게 나타나는 경향이 있다고 보고되고 있다(Choi et al., 2012). 기존연구의 스프링 장력의 세기에 따라 BPN값이 변화하는 것을 고려하기 위하여 본 연구에서는 장력테스트기를 활용하

여 장력의 세기를 조절 후 BPT시험을 실시하였으며, 그에 따른 BPN값을 비교·분석하였다. 먼저 국내에서 제작한 BPT와 국내 도로연구기관 및 여러 대학에서 수입하여 보유하고 있는 BPT장비를 이용하여 각각 동일한 장소에서 BPN값을 측정된 결과, Table 7과 같이 동일한 구간에서 측정했음에도 불구하고 BPN값의 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이를 보정하기 위해 장력테스트기 장비를 통해 국내 기관별 보유장비의 스프링 장력을 조정된 스프링 장력별 재시험 결과는 Table 8과 같이 비슷한 값이 나오는 것을 알 수 있다.



(a) Skid Tester, BPT



(b) Spring Tension Calibrator

Fig. 6 BPT and Spring Tension Calibrator

Table 7. BPT Test Results for Various Equipments

| Comparison Class | ① | | ③ | |
|---------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| | University A (BPN) | University B (BPN) | University A (BPN) | University C (BPN) |
| Asphalt | 41 | 35 | 43 | 76 |
| Corridor | 34 | 29 | 25 | 38 |
| Side Walk | - | - | 45 | 77 |
| Comparison Class | ② | | ④ | |
| | University A (BPN) | Research Agency A(BPN) | University A (BPN) | Research Agency B(BPN) |
| Asphalt | - | - | 40 | 72 |
| Corridor | 35 | 65 | 27 | 17 |
| Side Walk | 40 | 75 | 45 | 76 |

Table 8. BPT Test Results according to Spring Tension

| Comparison Class | ① | | | | ② | | | |
|---------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|-------------------------|-------|
| | University A (BPN) | | University B (BPN) | | University A (BPN) | | Research Agency A (BPN) | |
| | Spring Tension | 23.0N | Spring Tension | 24.0N | Spring Tension | 27.2N | Spring Tension | 27.3N |
| Asphalt | 58 | | 60 | | 74 | | 80 | |

따라서 본 연구에서는 BPT 활동 팔 내부에 있는 스프링 장력의 세기를 기존연구에서 제시된 $23.5 \pm 2N$ 범위에서 Fig. 7과 같이 조정하면서 실험을 실시하였다 (Choi et al., 2012).

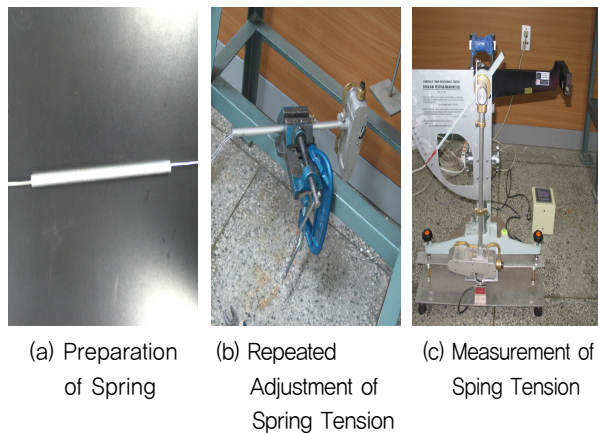


Fig. 7 Spring Tension Adjustment

3.3.2. 현장시험 미끄럼저항시험

현장시험구간은 균열폭과 깊이의 정도에 따라 세 경우로 나누어 시험을 실시하여 Fig. 8과 같이 나타내었다. 균열폭과 깊이가 작은 국도 4호선 옥천군 시공구간의 실험결과, 소수성 저점도 AP 칠투용 표면처리재를 적용한 곳에서 BPN은 평균 61로 나타났으며, 균열이 없는 일반 구도로의 경우 BPN 평균이 52로 나타남을 알 수 있었다. 옥천현장의 경우 소수성 저점도 AP 칠투용 표면처리재는 일부 파손이 나타나는 도로에 적용하였기 때문에 균열이 없는 일반 구도로의 경우보다 도로 포장의 노화로 인한 골재 노출 및 파손으로 인해 BPN이 높게 나오는 것으로 사료된다. 균열폭과 깊이가 중간 정도의 국도 4호선과 국도 21호선의 경우, 소수성 저점도 AP 칠투용 표면처리재 적용 구간은 BPN이 다소 작아지나 Table 9의 일례와 같이 평균 66BPN으로 미끄럼저항 측면에서 문제가 발생하지 않을 것으로 나타났다. 균열폭과 깊이가 큰 수원 국도의 경우 소수성 저점도 AP 칠투용 표면처리재를 적용한 곳에서는 평균 69로 나타났으며, 일반 구도로의 경우 노후 및 골재탈리로

인해서 BPN이 평균 82로 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 소수성 저점도 AP 칠투용 표면처리재가 적용되는 균열발생구간의 마찰력감소는 도로 포장의 노화로 인한 골재 노출 및 파손으로 인해 크게 나타나지 않음을 알 수 있었고, 다양한 현장시험을 통해 국도의 경우 “도로안전시설 설치관리지침”에서 제시하는 위험도 2의 BPN 47을 만족하는 것을 볼 수 있다. 따라서 소수성 저점도 AP 칠투용 표면처리재가 적용된 현장의 미끄럼저항은 미끄럼 안전에 문제가 없을 것으로 사료된다.

Table 9. In-Situ BPN of the 21-National Pavement (example)

| Section | Case | BPN (3 Times) | | | | Note |
|---------|---|---------------|----|----|---------|---|
| | | 1 | 2 | 3 | Average | |
| ① | Untreatment Section | 70 | 72 | 73 | 71.6 | Exposed Aggregation and Damage because of Deterioration |
| ② | HL-TM Treatment Section | 66 | 67 | 66 | 66.3 | |
| ③ | HL-TM Treatment Section after Crack Sealing | 68 | 69 | 70 | 69 | Because of Crack Sill |

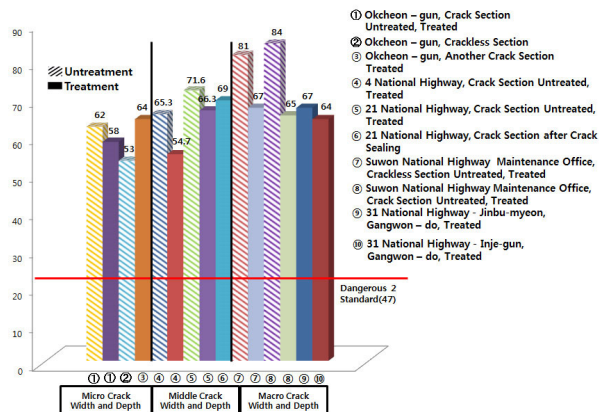


Fig. 8 In-Situ Average BPNs according to the Crack Width and Depth

4. 결론

본 연구에서 아스팔트 포장의 빗물 침투 및 동결융해로 인한 파손으로 사고발생 및 미관문제를 해결하기 위하여 제1단계에서 개발된 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재의 현장적용성을 검토하고자 실내 특성실험 및 현장적용 실험을 실시하였다. 현장적용성 분석결과는 다음과 같다.

1. 본 연구의 소수성 저점도 AP 침투재는 아스팔트 도로 포장에 도포가 되면 방수기능으로 균열 증진을 예방하는 효과를 가지기 때문에 수분민감성 시험에서 강제포화방법 대신에 24시간 포화시간을 3배로 늘려 72시간 동안 60℃에서 수침 후 25℃에서 약 2시간 양생 후 간접인장강도 시험을 수행하였다. 소수성 저점도 AP 침투재 처리 시 초기 인장강도가 다소 증가하며, 일반 아스팔트포장과 비교하여 TSR 값이 증가함을 알 수 있었다.
2. 본 연구에서는 아스팔트 휠트랙킹 시험기를 활용하여 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재의 표면마모 정도를 확인한 결과, 초기코팅 후 코팅두께가 일정 통과횟수까지 유지되는 것을 알 수 있었다.
3. 공용중 균열확장 저항성 향상을 정량화하고자 소형 포장가속시험을 실시한 결과, 소수성 저점도 AP 표면처리 시 균열폭 및 깊이가 깊을수록 효과가 증대되는 것을 확인하였으며, 특히 균열폭이 큰 경우 약 10배 이상의 효과가 나타남을 알 수 있었다. 따라서 추후 적정 균열폭과 균열깊이를 정량화하는 기준정립이 필요함을 알 수 있었다.
4. 온도 챔버의 온도 저항시험의 경우 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재 표면처리 시 대기온도 40~60℃ 까지 0.2~0.3mm 코팅두께는 반고체상태가 되어도 유지되나 반고체상태 시, 타이어 주행 시 타이어 마찰로 인하여 벗겨질 위험성이 있으므로 현장 포설 시 40℃ 이상에서는 시공 및 양생 시 주의가 필요함을 알 수 있었다. 그러나 MMLS3 주행시험에서 100,000회 하중까지 재하된 현장의 코아링 공시체의 표면은 양호하였으므로 충분한 양생 시 현장에서의 문제점은 없으리라 사료된다.
5. 소수성 저점도 AP 침투재로 표면처리된 포장의 코팅 두께시험은 아스팔트 포장의 코아링을 통한 두께 측정 시 아스팔트 표면 거칠기가 다르므로 코팅두께 측정이 정확하지 않아 표면이 평탄한 재료를 활용하여 재시험한 결과, 코팅두께는 약 0.2~0.3mm로 코팅

되는 것을 알 수 있었다. 그러나 본 연구의 전단계 연구결과인 표면처리재의 균열침투 최대깊이가 균열을 따라 6mm정도이므로 실제 균열 현장에서는 다소 다를 것으로 판단된다.

6. 균열구간의 소수성 저점도 AP 침투용 표면처리재의 시간에 따른 투수감소능력을 평가하고자 현장투수 시험을 실시한 결과, 본 연구의 전단계 재료개발 연구에서 실시한 실내시험과 같이 1mm 이상의 균열 구간에서 표면처리재의 공극침투와 소수성 특성이 나타나는 것으로 판단되며, 다만 미세균열의 경우 시간경과 후에는 표면처리하지 않은 구간에서도 주변 오염물질로 인하여 균열막힘 현상이 나타나 표면처리재의 개선효과가 뚜렷하게 나타나지 않았다.
7. 미끄럼저항 측정은 균열폭과 깊이의 정도에 따라 세 경우로 나누어 BPT 현장시험을 실시한 결과, 소수성 저점도 AP 침투재 표면처리공법이 적용되는 균열발생 구간의 마찰력감소는 도로 포장의 노화로 인한 골재 노출 및 파손으로 인해 크게 나타나지 않음을 알 수 있었고, 다양한 현장시험을 통해 국도의 경우 지침에서 제시하는 위험도 2의 BPN 47을 만족하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2013년 인덕대학교 교내학술연구비(일부) 지원으로 수행되었습니다. 현장실험에 큰 도움을 주신 (주)에스엔 건설에 감사드립니다.

References

- Cho, Y. K., Kim, M. S., Choi, J. S., Oh, H. J. (2012) "Correction and Calibration Method for Road Surface Friction Resistance Measurement Device (British Pendulum Tester)" Spring Conference Journal of Standards and Standardization, pp.433-434
- Choi, J. S., Kim, J. S., Kim, B. I., Kwon, S. A. (2012) "A Base Study for Surface Treatment of using low Viscosity Hydrophobic Nano Seal", Fall Conference Journal of Highway Engineering, pp.197-202
- Choi, J. S., Baek, J. E., Kim, S. M., Kim, J. C. (2012) "Adjustment of British Pendulum Number Considering Equipment Characteristics of British Pendulum Tester" 2012 International Pavement Engineering Conference, pp.205-214
- Hawaii DOT, "Pavement Preventive Maintenance Guidelines", 2003
- Hicks, G. R., Peshkin, D. G., Seeds, S. B., (2007) "Selecting a Preventive Maintenance Treatment for Flexible Pavements", Transportation Research Board of the National Academies, pp.1-12

Kim, J. C., Choi, J. S., Kim, M. S., Kim, S. M. (2011) “ The Standard Study for the British Pendulum Tester considering the Effect of Spring tension and Pavement temperature” Journal of Highway Engineering, pp.467~472

Song, S. B., Choi, J. S., Kim, J. S. (2012) “Field Application of Nano Seal Surface Treatment Method for Improvement of Moisture Resistance using Lab and Field Test” Spring

Conference Journal of Highway Engineering, pp.191~196

Wisconsin DOT, “Pavement Preventive Maintenance”, 2003

Yang, S. C., Lim, S. W., Yoo, T. S., (1996) “Improvement of Pavement Skid Resistance (II)”, Journal of the KOREA Road & Transportation Association, p.155