

# 일반국도에 적용한 마이크로서페이싱공법과 폴리머슬러리실공법에 대한 현장 공용성 평가

## Field Performance Evaluation of Micro-surfacing Method and Polymer Slurry Seal Method Used in National Highway

손 현 장	Son, Hyeon Jang	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원 (E-mail : sonhyeonjang@kict.re.kr)
김 용 주	Kim, Yong Joo	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 · 교신저자 (E-mail : yongjook@kict.re.kr)
백 종 은	Baek, Jong Eun	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 (E-mail : pocketdream@gmail.com)
임 재 규	Lim, Jae Kyu	한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원 (E-mail : jklim@kict.re.kr)
김 부 일	Kim, Boo Il	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 연구위원 (E-mail : bikim@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** Recently, crack, rutting, and stripping problems from the surface of asphalt pavements in National highway are observed and they affect the drivers to feel uncomfortable on the road. Surface treatments are recommended to use in distressed pavements due to cost-effective, and improvement of surface performance. The purpose of this study is to evaluate the performance of micro-surfacing and polymer slurry seal treatments for distressed asphalt pavements.

**METHODS :** Surface conditions and friction resistance are evaluated for asphalt pavements treated with micro-surfacing and polymer slurry seal mixes in National highway 30 line and 34 line. Visual observation is conducted and surface performance is measured by PES (Performance Evaluation Surveyor) in terms of crack ratio, rutting and IRI(International Roughness Index). BPN(British Pendulum Number) is measured by BPT(British Pendulum Tester) to evaluate the friction resistance in the field.

**RESULTS :** The surface evaluation results are presented for asphalt pavement treated with micro-surfacing and polymer slurry seal treatments in National highway 30 line and 34 line. Based on the visual observation, micro-surfacing and polymer slurry seal treatments show better improvements in terms of cracks and stripping. Based on the surface conditions measured by PES vehicle, the surface performance of micro-surfacing treatments improves from 53.3% to 54.2% and the surface performance of polymer slurry seal treatments improves from 21.6% to 59.7%. However, the friction resistance of both micro-surfacing and polymer slurry seal treatments decreases from 2.5% to 6.7%. Further, it should be verified to produce the surface exposed with aggregates during the construction process of both treatment methods in the field.

**CONCLUSIONS :** Based on the performance evaluation results in the field, the surface performance of asphalt pavement treated with micro-surfacing and polymer slurry seal treatments improves from 21.6% to 59.7%. While, the friction resistance of asphalt pavement treated with micro-surfacing and polymer slurry seal treatments does not improve. It can be concluded that current micro-surfacing and polymer slurry seal treatments would improve surface performance but would not improve the friction resistance.

### Keywords

*asphalt concrete pavement, preventive maintenance, surface treatment, micro-surfacing, polymer slurry seal*

Corresponding Author : Kim, Yong-Joo, Senior Researcher  
Highway Research Division, Korea Institute of Construction  
Technology, 283, Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang-si,  
Gyeonggi-do, 411-712, Korea  
Tel : +82.31.910.0248 Fax : +82.31.910.0161  
E-mail : yongjook@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering

http://www.ksre.or.kr/

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Sep. 15, 2014 Revised Sep. 17, 2014 Accepted Jan. 27, 2015

# 1. 서론

최근 도로사용자의 증가, 급격한 기후변화, 도로포장 노후화 증가 및 도로이용자의 안정성 확보를 위해 도로 포장에서 발생하는 파손에 대하여 신속하고도 효과적인 보수에 대한 필요성이 증가하고 있다. 하지만, 해마다 일반국도에 대한 유지보수는 예산부족으로 인해 우선보수가 필요한 구간에 대하여 적절한 유지보수가 이루어지고 있지 않다. 따라서 일반국도의 보수구간에 대한 유지보수를 효과적으로 대응하기 위하여 다양한 유지보수 공법의 적용성 검토가 필요하다. 예방적유지보수는 도로포장의 파손이 시작되는 초기단계에서 추후 발생하는 포장파손을 지연시키고, 기능저하를 방지하기 위해 실시하는 예방적 차원의 도로포장 유지보수방법이다. 국토교통부에서 관리하고 있는 일반국도의 경우, 표면처리공법을 예방적유지보수공법으로 적용하기 위해 다양한 연구와 추적조사 및 검증평가를 수행하고 있다(국토교통부, 2013). 2010년부터는 표면처리공법인 마이크로써페이싱공법을 시작으로 시험시공 및 추적조사를 시작하였으며, 2012년에는 일반국도 31호선(인제-진부)에 마이크로써페이싱공법, 폴리머슬러리실공법, 나노씰공법을 총 연장 3.0km(왕복 2차로)구간에 시험시공을 실시하였다. 또한, 2013년도에는 일반국도 30호선(임실)과 일반국도 34호선(영덕) 두 구간에 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 적용한 시험포장을 실시하여 현장 공용성에 대한 추적조사를 수행하였다. 본 연구에서는 2013년 10월부터 11월까지 일반국도 30호선(임실)과 일반국도 34호선(영덕)에 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 시험포장 후, 두 공법의 시공 전과 시공 직후에 대한 현장 공용성능을 평가하였다.

## 2. 일반국도의 예방적유지보수공법

현재, 국토교통부에서는 일반국도를 유지관리하기 위하여 자동조사장비를 이용한 도로포장의 상태 조사 및 도로포장관리시스템(Pavement Management System)을 운영하고 있다. 또한, 일반국도의 예방적유지보수는 도로포장의 균열이나 파손을 주기적으로 조사하여 적절한 시기에 최적의 유지보수공법을 시행함으로써 유지보수비용을 최소화할 수 있는 가장 좋은 유지보수 방법으로 활용하고 있다(국토교통부, 2013).

Fig. 1과 같이, 일반국도에서 사용하고 있는 예방적유지보수공법으로는 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러

리실공법이 있으며, 일반국도의 보수공법 결정체계에 따라 예방적유지보수공법을 반영하고 있다. 예방적유지보수공법 선정은 균열율이 2%~10% 또는 러팅이 10mm 미만인 구간에 적용하고 있다. 특히, 폴리머슬러리실공법은 균열율이 2%≤균열≤7%이고, 교통량(ESAL)≤1,000인 구간에 적용하고 있으며 마이크로써페이싱공법은 균열율이 7%≤균열≤10%와 교통량(ESAL)≤1,000인 구간에 적용하고 있다(국토교통부, 2013).

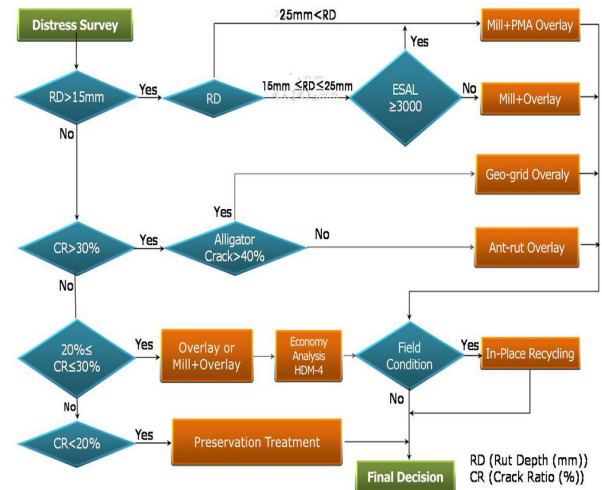


Fig. 1 Decision Tree of Rehabilitation Methods for National Highway in Korea

## 3. 현장시공

### 3.1. 배합설계

Table 1은 일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 시험시공한 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법

Table 1. Mix Design Used for National Highway 30 and National Highway 34

National Highway No.	Method	Aggregate (%)	Emulsion (%)	Cement (%)	Water (%)
30	Micro surfacing	Type III, 6.0mm, 80%	12.5	1.0	6.5
	Polymer slurry seal	Type III, 6.5mm, 82%	11.4	0.4	6.2
34	Micro surfacing	Type III, 6.0mm, 80%	12.5	1.0	6.5
	Polymer slurry seal	Type III, 6.5mm, 82%	11.4	0.4	6.2

에 대한 배합설계 결과를 정리한 것이다. Table 1에서 알 수 있듯이, 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법에 사용한 시공재료는 골재, 유화아스팔트, 물, 지연제 등이다. 골재는 일반국도 30호선과 34호선 인근의 석산 및 채석장에서부터 수급하였으며, 마이크로써페이싱공법은 ISSA 시방기준에서 제시하고 있는 Type III 입도를 선정하였으며(ISSA, 2001a), 최대골재크기는 6.0mm를 사용하였다. 폴리머슬러리실공법은 ISSA 시방기준에서 제시하고 있는 Type III 입도를 선정하였으며(ISSA, 2001b), 최대골재크기는 6.5mm를 사용하였다.

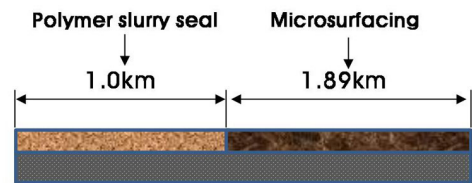
마이크로써페이싱공법에는 천연라텍스와 특수 개질 폴리머를 첨가한 유화아스팔트(Cationic Slow-Setting(CSS- 1h))를 사용하였으며 폴리머슬러리실공법은 개질유화아스팔트를 사용하였다. 시멘트는 국내 KS L 5021에 준하는 일반 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 마이크로써페이싱공법의 경우, 경화시간을 조절하기 위하여 지연제를 1.0% 내외로 사용하였다.

### 3.2. 시험구간 선정

일반국도 30호선(임실)과 일반국도 34호선에 대한 시험구간에 대한 정보는 Table 2에 요약하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법으로 시공한 구간을 나타내고 있다.

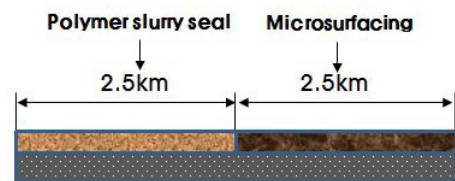
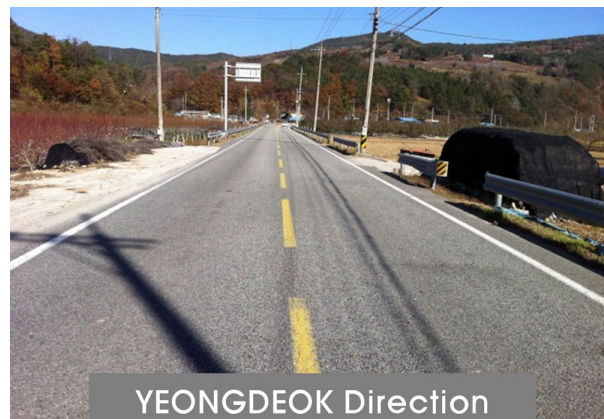
Table 2. Basic Information of National Highway 30 and National Highway 34

Region	National Highway No.	Maintenance method	Location		Average thickness (cm)
Im-sil-gun	30	Polymer slurry seal	Ohjeong bridge A2	Ohjeong bridge A2+1,000	8.5
		Micro-surfacing	Ohjeong bridge A2+1,000	Ohjeong bridge A2+2,89	
Yeongdeok-gun	34	Polymer slurry seal	Yongsu bridge A1	Yongsu bridge A1+2,50	
		Micro-surfacing	Yongsu bridge A1+2,50	Yongsu bridge A1+5,00	



Start point End point

Fig. 2 Test Section in National Highway 30 (Im-Sil)



Start point End point

Fig. 3 Test Section in National Highway 34 (Yeong-Deok)

## 4. 현장 공용성능 조사

### 4.1. 노면상태조사

일반국도 30호선과 일반국도 34호선 구간의 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법에 대해 시공 전과 시공 직후에 따른 육안조사 및 노면상태조사를 수행

하였다. 노면상태조사는 Fig. 4와 같이 자동노면조사장비(PES, Pavement Evaluation Surveyor)를 이용하여 주행속도 60km/h에서 측정된 이미지를 분석하여 균열율(%), 소성변형(mm), 종단평탄성(m/km)에 대한 조사결과를 비교·분석하였다.



Fig. 4 Automatic Surface Condition Surveyor (PES, Pavement Evaluation Surveyor)

## 4.2. 미끄럼 저항성 시험

일반국도 30호선과 일반국도 34호선 구간의 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법이 적용된 구간을 BPT(British Pendulum Tester)를 사용하여 시공 전과 시공 직후에 대한 미끄럼 저항성을 측정하였다. 미끄럼 저항성 시험은 Fig. 5와 같이 BPT 장비를 사용하여 노면에 물을 뿌린 후 슬라이더 블록으로 회전시켜 시공 전과 시공 직후의 BPN(British Pendulum Number)을 비교하였다(ASTM, 2013).



Fig. 5 Skid Resistance Tester (British Pendulum Test)

## 5. 현장 공용성능 평가

### 5.1. 육안조사

일반국도 30호선과 일반국도 34호선의 마이크로써페이

이싱공법과 폴리머슬러리실공법이 적용된 구간을 시공 전과 시공 직후에 대해 노면상태에 따른 육안조사를 수행하였다.

일반국도 30호선의 경우, Fig. 6과 같이 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법의 시공 전 노면상태는 균열과 소성변형이 없는 비교적 양호한 상태였으나, 일부 몇몇 구간에서 미세균열과 골재마모가 발견되었다.



Fig. 6 Surface Condition of Existing Asphalt Concrete Pavement in NH30

Fig. 7과 Fig. 8은 마이크로써페이싱공법 및 폴리머슬러리실공법의 시공 직후에 대한 노면상태를 나타낸



Fig. 7 Surface Condition using Polymer Slurry Seal Method in NH30



Fig. 8 Surface Condition using Micro-Surfacing in NH30

것이다. 두 공법 모두 시공 직후, 전구간에서 미세균열과 골재마모가 현저히 개선된 것을 확인하였다.

일반국도 34호선의 경우, 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법의 시공 전 노면상태는 Fig. 9와 같이 나타내고 있다. 기존 아스팔트 콘크리트 포장의 노면상태는 일부구간에서 반사균열이 발생되었으며, 전구간에서 라벨링과 골재박리가 발견되었다.



Fig. 9 Surface Condition of Existing Asphalt Concrete Pavement in NH34

Fig. 10과 Fig. 11은 마이크로써페이싱공법과 폴리머



Fig. 10 Surface Condition using Micro-surfacing in NH34



Fig. 11 Surface Condition using Polymer Slurry Seal in NH34

슬러리실공법 시공 직후에 대한 노면상태를 나타낸 것이다. 두 공법이 적용된 구간 모두 반사균열, 라벨링, 골재박리가 현저하게 개선된 것으로 나타났다.

## 5.2. 자동노면조사장비를 이용한 노면상태조사

### 5.2.1. 균열율

일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간에 대해 시공 전과 시공 직후의 균열율(%)을 비교한 결과, Fig. 12와 같은 결과를 나타냈다.

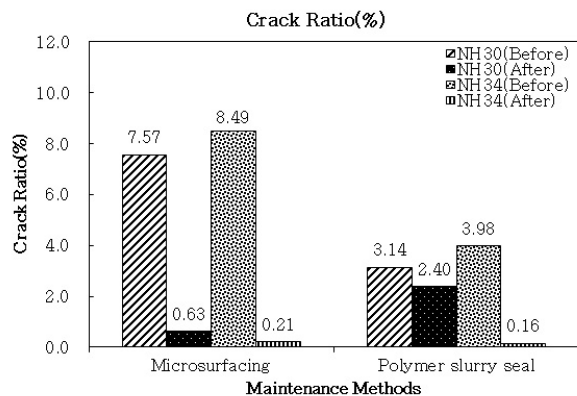


Fig. 12 Comparisons of Crack Ratio(%) on National Highway 30 and National Highway 34

일반국도 30호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간의 균열율은 시공 전 보다 약 91.7%가 향상되었다. 반면, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 균열율(%)은 시공 전 보다 약 23.6%가 향상되었다. 따라서, 균열율은 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간이 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간 보다 약 68% 높은 저감효과를 보여주었다.

일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간의 균열율은 시공 전보다 약 97.5%가 향상되었으며, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 균열율은 시공 전보다 약 96%가 향상되었다. 따라서, 일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간 모두 유사한 결과를 보였으며, 시공 전과 비교하여 균열율이 감소하는 효과를 나타내었다.

### 5.2.2. 소성변형

일반국도 30호선과 일반국도 34호선의 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간에 대해 시공 전과 시공 직후의 소성변형에 대한 결과를 Fig. 13

과 같이 나타났다.

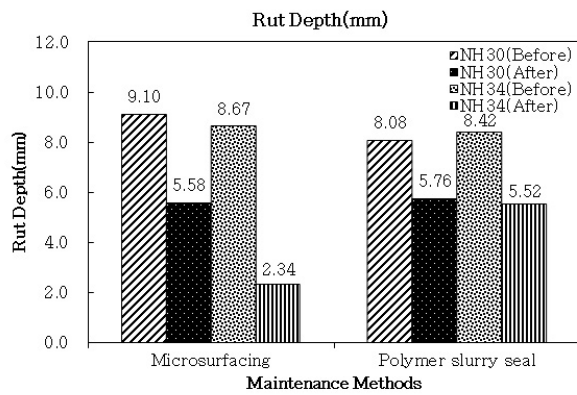


Fig. 13 Comparisons of Rut Depth(mm) on National Highway 30 and National Highway 34

일반국도 30호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간의 소성변형은 시공 전보다 포장성능이 약 38.7%가 향상되었다. 반면, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 소성변형은 시공 전보다 포장성능이 약 28.7%로가 향상되었다. 따라서, 소성변형은 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간이 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간 보다 약 10%가 개선된 효과를 보였다.

일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간의 소성변형은 시공 전보다 포장성능이 약 73.0%가 향상되었고, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 소성변형은 시공 전보다 약 34.4%가 향상되었다. 따라서, 소성변형은 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간이 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간보다 약 39% 높은 저감효과를 나타냈다.

### 5.2.3. 종단평탄성

일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 마이크로써페

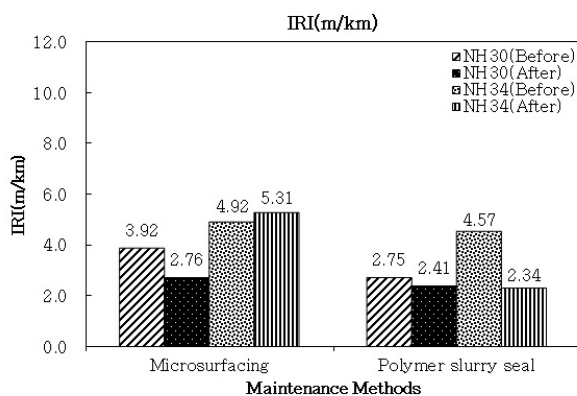


Fig. 14 Comparisons of IRI(m/km) on National Highway 30 and National Highway 34

이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 시공 전과 시공 직후에 대해 종단평탄성을 분석한 결과, Fig. 14와 같은 결과를 보였다.

일반국도 30호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간은 시공 전보다 종단평탄성이 약 29.6%가 개선되었다. 반면, 종단평탄성은 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간은 시공 전보다 약 12.4%가 개선된 것을 확인하였다. 따라서 마이크로써페이싱공법이 폴리머슬러리실공법보다 종단평탄성의 개선효과가 약 17% 향상된 결과를 얻었다.

일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간에 대해 종단평탄성의 개선효과는 시공 전보다 약 7.9% 저하되었고, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 종단평탄성은 시공 전 보다 약 48.8%가 향상된 결과를 나타냈다. 따라서, 종단평탄성은 폴리머슬러리실공법이 마이크로써페이싱공법보다 약 56%의 높은 성능을 보였다.

### 5.3. 미끄럼 저항성 조사

일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 시공 전과 시공 직후에 대한 미끄럼저항성을 비교·분석한 결과 Fig. 15와 같은 결과를 나타냈다.

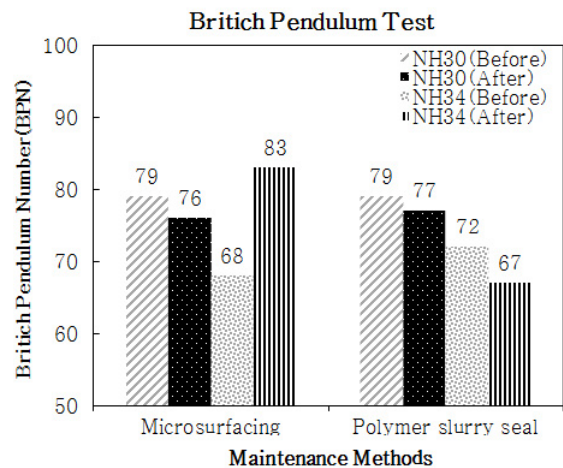


Fig. 15 Comparisons of Skid Resistance on National Highway 30 and National Highway 34

일반국도 30호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간의 미끄럼 저항성은 시공 전보다 약 3.8% 감소하였고, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간의 미끄럼 저항성도 2.5% 감소하는 결과를 나타냈다. 두 공법간 미끄럼 저항성의 개선효과는 유사한 값을 보였으며, 시공 전

과 비교 시, 시공 직후에 약 2~3 BPN이 감소하는 결과를 얻었다.

일반국도 34호선에 마이크로써페이싱공법을 적용한 구간의 미끄럼 저항성은 시공 전보다 약 22.1% 향상되었으나, 폴리머슬러리실공법을 적용한 구간은 시공 전보다 약 6.7%가 감소한 것으로 나타났다. 두 공법간 미끄럼 저항성을 비교한 결과, 마이크로써페이싱공법이 폴리머슬러리실공법 보다 우수한 결과를 보였다.

## 6. 결론

본 연구에서는 일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 예방적유지보수공법으로 적용한 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법에 대해 시공 전과 시공 직후의 노면상태(균열율, 소성변형, 종단평탄성), 미끄럼 저항성을 현장에서 성능평가하였으며, 결론을 다음과 같이 요약하였다.

1. 육안조사를 수행한 결과, 일반국도 30호선의 시공 전 노면상태는 균열과 소성균열이 없는 양호한 노면의 상태를 보였으나, 일부 구간에서 미세균열 및 골재마모가 발견되었다. 일반국도 34호선은 시공 전 노면의 상태는 일부구간에서 반사균열이 발견되었으며, 전 구간에서 라벨링과 골재박리가 심하게 발생한 것으로 나타났다.

마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법을 시공 직후, 일반국도 30호선과 일반국도 34호선에서 발견된 반사균열, 라벨링, 골재박리 등의 포장 파손은 현저히 개선된 결과를 나타냈다.

2. 자동노면조사장비를 이용하여 노면상태를 조사한 결과에서는 일반국도 30호선에 적용한 마이크로써페이싱공법은 시공 전보다 균열율, 소성변형, 종단평탄성이 각 91.7%, 38.7%, 29.6%가 개선되었다. 반면, 폴리머슬러리실공법은 시공 전보다 균열율, 소성변형, 종단평탄성이 각 23.6%, 28.7%, 12.4%가 개선되었다.

일반국도 34호선의 경우, 마이크로써페이싱공법은 시공전보다 균열율과 소성변형이 각 97.5%, 73.0%가 향상되었으나, 종단평탄성은 7.9%가 감소하는 것으로 나타났다. 폴리머슬러리실공법은 시공 전보다 균열율, 소성변형, 종단평탄성이 각 96%, 34.4%, 48.8%가 향상된 것으로 나타났다.

3. 미끄럼 저항성의 경우, 일반국도 30호선에 적용한 마이크로써페이싱공법은 시공 전보다 미끄럼 저항성이 약 3.8%가 감소되었고, 폴리머슬러리실공법도 시공 전보다 미끄럼 저항성이 약 2.5%가 감소하였다. 일반국도 34호선에 적용한 마이크로써페이싱공법은 시공 전보다 미끄럼저항성이 22.1% 향상되었으며, 폴리머슬러리실공법은 시공 전보다 미끄럼저항성이 6.7% 감소하였다.

따라서, 일반국도 30호선과 일반국도 34호선에 시공한 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법의 전반적인 현장 공용 성능을 평가한 결과, 두 공법 모두 노면상태는 시공 전보다 향상되었다. 또한, 시공 직후의 노면상태는 마이크로써페이싱공법이 폴리머슬러리실공법보다 우수하였으며, 미끄럼 저항성은 두 공법이 유사한 결과를 나타냈다. 현재 일반국도에 사용중인 마이크로써페이싱공법과 폴리머슬러리실공법의 공사비를 비교한 결과(2013년도 기준, 왕복 2차로 환산 기준), 마이크로써페이싱공법이 1km당 약 8천 4백만 원, 폴리머슬러리실공법이 1km당 약 4천 6백만 원인 점을 감안 할 때, 공사비 측면에서 폴리머슬러리실공법이 마이크로써페이싱공법보다 우수한 것으로 나타났다. 하지만, 본 연구결과는 시공 전과 시공 직후에 대한 단기적인 현장 성능평가를 수행한 결과이므로 향후 본 시험포장구간에 대하여 지속적인 모니터링을 통해 장기적인 공용성 평가자료를 이용하여 두 공법간 정확한 LCC 분석에 따른 경제성 분석이 함께 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원에서 수행하고 있는 정부수탁과제인 "2013년 도로포장관리시스템 운영 업무"의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## BIBLIOGRAPHY

- ASTM, 2013. ASTM E 303-93, Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester.
- International Slurry Surfacing Association, 2001a. ISSA A 143, Recommended Performance Guidelines For Micro-Surfacing.
- International Slurry Surfacing Association, 2001b. ISSA A 105, Recommended Performance Guidelines For Emulsified Asphalt Slurry Seal.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013. Annual Research Report of the National Highway Pavement Management System 2013

(국토해양부, 2013. 도로포장관리시스템 연구보고서)

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013. Final-  
Report of the National Highway Pavement Management  
System 2013

(국토해양부, 2013. 도로포장관리시스템 최종보고서)

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2013. Pavement  
Maintenance Manual.

(국토해양부, 2013. 도로포장 유지보수 실무편람)