

도로포장 보수용 상온식 균열실링 재료의 개발 및 평가

Development and Evaluation of Cold-applied Crack Sealant for Pavement Maintenance

김영민	Kim, Yeong Min	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 (E-mail : choozang@kict.re.kr)
정규동	Jeong, Kyu Dong	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 수석연구원 · 공학박사 (E-mail : kdjeong@kict.re.kr)
이강훈	Lee, Kang Hoon	정회원 · 한국건설기술연구원 도로연구소 전임연구원 (E-mail : kh83lee@kict.re.kr)
임정혁	Im, Jeong Hyuk	정회원 · 경기도청 건설국 도로관리과 · 공학박사 · 교신저자 (E-mail : jhim@gg.go.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : The objectives of this study are to develop a new cold-applied crack sealant and to evaluate its properties and field applicability by comparing with other conventionally used crack sealants.

METHODS : A new cold-applied crack sealant was developed by using neoprene latex to improve material properties. The fundamental properties such as viscosity, residue %, penetration, and softening point of the developed crack sealant were tested by TxDOT criteria to evaluate crack sealing capability. Moreover, the performance of the developed cold-applied crack sealant was evaluated under both laboratory and field conditions. In the laboratory, the bond property was evaluated using the developed cold-applied crack sealant and conventional hot-applied crack sealant by the bond-properties test standardized under ASTM D 6690. In the field, test sections were constructed on three areas: a trunk road, bus-only lane, and motorway, with the developed crack sealant and three conventional crack sealants. After construction, early field-inspection was performed on the test sections.

RESULTS AND CONCLUSIONS : Overall, the developed cold-applied crack sealant demonstrates reasonable storage stability, durability, and bond property compared to conventional hot-applied crack sealants. From the test sections, it was established that the developed cold-applied crack sealant does not pose construction issues. Moreover, the early performance was verified through field inspection. However, as the field inspection was conducted a week after the construction, it is necessary to conduct an inspection of performance from a long-term point of view.

Keywords

crack sealant, cold-applied, pavement maintenance, field test section

Corresponding Author : Im, Jeong Hyuk, Ph.D., Public Officer
Road Management Division, Gyeonggi Provincial Government,
1, Cheongsa-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, 11780, Korea
Tel : +82.31.8030.3954 Fax : +82.31.8030.3939
E-mail : jhim@gg.go.kr

International Journal of Highway Engineering

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

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Feb. 06, 2017 Revised Mar. 06, 2017 Accepted Mar. 13, 2017

1. 서론

국내의 도로포장 분야는 1970년대 이후의 산업화로 야기된 교통량 증가의 직접적인 영향과 최근 기후변화로 인한 집중호우 및 폭설 등의 간접적인 영향에 의해 과거보다 혹독한 환경에 직면해 있다. 또한 도로의 총

연장은 점차 증가하여 현재 107,527km의 총 연장에 92.1% 포장율을 나타내고 있다(2015 도로현황). 그러나 정부 예산 중 도로관리를 위한 부분은 충분하지 않은 실정이다.

가혹한 환경 및 한정된 예산 범위에서 효과적인 도로

관리를 위해 국토교통부, 한국도로공사, 서울시, 경기도 등의 국내 주요 도로관리기관에서는 과학적·체계적 포장 관리시스템(PMS, Pavement Management System)을 운영하거나, 구축을 추진하고 있다. 예산 절감의 관점에서 성공적인 PMS의 운영은 포장파손 정도에 따른 적절한 유지보수 공법 적용이 중요한 역할을 하며, 특히 적절한 예방적 유지보수 공법의 적용은 저비용으로 포장 공용수명을 향상할 수 있는 방법이다. 예방적 유지보수 공법은 기존 노후 포장의 구조적 지지력을 그대로 이용하여 포장품질을 개량하는 것으로, 기존 노후 포장의 균열 등의 파손에 대한 선처리가 중요하다.

균열은 시공관리 및 유지관리의 문제, 교통하중, 환경하중 등의 요인들의 상호작용으로 발생한다(Tighe et al., 2003). 기존 포장에 발생한 균열은 초기에 그 자체로 문제를 발생하지는 않지만, 지속적인 균열의 발전은 과도한 균열로 인한 포장의 구조적 손상과 균열 틈으로 침투한 수분이 야기하는 포트홀 및 포장 하부 지지력 감소 등의 심각한 문제를 야기한다. 따라서 발생한 균열의 형태에 따른 거동특성을 파악하여 적합한 균열보수를 적용하는 것이 중요하다. 균열보수 작업은 국내의 도로포장 유지보수 실무 편람(2013)과 미국의 균열보수 가이드라인 및 시방기준을 참고하여 적용하는 실정이다(Lee et al., 2015). 이러한 여건은 저품질의 균열보수재의 난립과 균열보수 시공 품질확보에 어려움을 초래하여 궁극적으로 포장 유지보수의 품질저하를 야기한다. 따라서 국내 환경에 적합한 균열보수재의 개발과 보다 구체적인 균열보수 지침의 마련이 필요하다.

본 연구에서는 기존 가열식에 비해 재료의 관리 및 시공이 편리한 상온식 균열보수재를 개발하여 재료 품질 및 현장 적용성을 평가하고자 한다.

2. 균열보수의 정의 및 재료 현황

2.1. 균열보수 정의

노후 포장에 발생한 균열에 대한 보수는 균열충진(Crack Filling)과 균열실링(Crack Sealing)으로 구분하며, 균열보수는 포장면에 발생한 균열 틈 속이나 상부에 특정 재료를 주입 또는 살포하여 수분 및 이물질 등의 침투를 예방하고, 추가적인 포장파손이나 기존 균열의 진행을 예방하는 보수공법으로 정의할 수 있다(Smith and Romine, 1999). 균열충진과 균열실링의 정의는 다음과 같다.

- 균열충진: 균열부의 절삭(컷팅) 작업 없이 채움재를 주입하여 시공하는 공법
- 균열실링: 균열부의 절삭(컷팅)을 실시하여 파손 부위를 정리한 후 채움재를 시공하는 공법

균열충진 및 균열실링 모두 피로파괴에 의한 선상 균열이나 면상균열 발생 구간, 온도차에 의한 횡방향 균열 발생 구간, 합성단면구간(콘크리트 포장 위 아스팔트 포장 덧씌우기)의 반사균열 발생구간, 시공이음부의 종방향 균열 발생 구간 등에 적용한다. 균열보수는 발생 균열의 형태를 판단한 후 공법 및 재료에 따라서 장기 공용 혹은 단기 공용(응급보수) 등의 목적으로 나누어 적용한

Table 1. Criteria for Crack Sealing and Crack Filling (Pavement Maintenance Manual, 2013)

Crack characteristics	Pavement maintenance manual	
	Crack sealing	Crack filling
Width and/or Edge deterioration	- 6~19mm, ≤ 25% of crack length - ≥ 19mm	- 6~19mm - 25%~50% of crack length
Type of crack	Working cracks : Reflective cracks, Edge cracks, Thermal cracks	Non-working cracks

Table 2. Criteria for Crack Sealing and Crack Filling (Smith and Romine, 1999)

Crack characteristics	Pavement maintenance manual	
	Crack Sealing	Crack Filling
Width	3 ~ 25 mm	3 ~ 25 mm
Edge deterioration	Minimal to none (< 25% of crack length)	Moderate to none (< 50% of crack length)
Annual horizontal movement	≥ 3 mm	< 3 mm
Type of crack	Transverse thermal cracks Transverse reflective cracks Longitudinal reflective cracks Longitudinal cold joint cracks	Longitudinal feffective cracks Longitudinal cold joint cracks Longitudinal edge cracks Distantly spaced block cracks

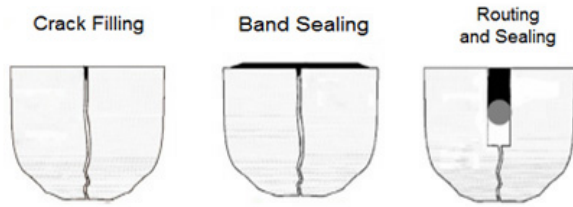


Fig. 1 Type of Crack Repair Methods (Hwang et al., 2014)

다. Table 1과 Table 2는 국내·외 균열판별 기준을 나타내며, Fig. 1은 대표적인 균열 보수 공법을 보여준다.

균열 상태 및 현장 여건에 따라서 보수 공법이 결정되며, 보다 자세한 규정은 도로포장 유지보수 실무 편람(2013)을 참조할 수 있다.

2.2. 균열보수 재료 및 품질기준

다양한 균열 형상과 균열보수 공법이 존재하기 때문에, 균열보수의 성능을 위해서는 현장 여건에 가장 적합한 재료를 선택해야 한다. 균열보수 재료 선택은 1) 빠르고 쉽게 포설 가능, 2) 빠른 양생 시간, 3) 접착력, 4) 결합력(응집력), 5) 연약화와 유동에 대한 저항, 6) 연성 및 탄성, 7) 노화와 풍화에 대한 저항, 8) 부식에 대한 저항 등을 고려하여야 한다. 국내에서 사용되는 균열보수 재료의 종류는 Table 3과 같다.

국내에서는 가열식 균열보수 재료에 대한 품질기준으로 ASTM D 6690을 적용하고 있으며, 상온식 재료의 경우 별도의 품질기준 및 시공법에 대한 기준은 정립되지 않은 실정이다. Table 4는 국내의 가열식 균열보수 재료 품질기준을 보여주며, Table 5는 텍사스 주 교통국의 상온식 균열보수 재료의 품질기준을 보여준다.

Table 4. Criteria for Crack Sealing and Crack Filling (Pavement Maintenance Manual, 2013)

Test	Type I	Type II	Type III	Type IV
Recommended application conditions	-18°C, 50% ext.	-29°C, 50% ext.	-29°C, 50% ext.	-29°C, 200% ext.
Cone penetration at 25°C	90 Max.	90 Max.	90 Max.	90 - 150
Flow at 60°C, mm	5.0 Max.	3.0 Max.	3.0 Max.	3.0 Max
Bond, non-immersed	2 out of 3 25.4mm specimens pass at 5 cycles at 50% ext. at -18°C	3 12.7mm specimens pass at 3 cycles at 50% ext. at -29°C	3 12.7mm specimens pass at 3 cycles at 50% ext. at -29°C	3 12.7mm specimens pass at 3 cycles at 200% ext. at -29°C
Bond, water immersed			3 12.7mm specimens pass at 3 cycles at 50% ext. at -29°C	
Resilience, %		60 min.	60 min.	60 min.
Oven aged resilience, %			60 min.	
Asphalt compatibility	Pass	Pass	Pass	Pass

Table 3. Materials Types for Crack Maintenance (Smith and Romine, 1999)

Classification	Type
Cold-applied thermoplastic bituminous materials	Liquid asphalt(Emulsion) Polymer-modified liquid asphalt
Hot-applied thermoplastic bituminous materials	Asphalt cement Fiberized asphalt Asphalt rubber Rubberized asphalt Low-modulus rubberized asphalt
Chemically cured thermosetting materials	Self-leveling silicone

Table 5. Materials Criteria for Crack Sealing (TxDOT)

Test	Criteria	Method
Test on emulsion • Viscosity, Brookfield, 77°F, cP • Evaporation residue, %	30 - 70 65 min.	ASTM D 2196
Test on residue • Penetration, 77°F, 100G, 5 sec. (0.1mm) • Softening point, R&B, °C	35 - 75 70	AASHTO T49 AASHTO T53

3. 재료 및 방법

3.1. 균열보수재료 개발 및 성능 평가 계획

기존의 상온식 균열보수재는 탄성 및 내구성이 부족하여 균열 보수 후, 단기간에 재료가 포장체로부터 탈리되는 문제점이 종종 발생하였다. 본 연구에서는 기존의 상온식 균열보수재의 단점을 보완하기 위해 개질 유화 아스팔트의 적용을 검토하여, 상온식 균열보수 재료로

서 Neoprene Latex 계열의 개질 유화아스팔트를 개발하였다. Neoprene Latex는 일반적으로 사용되는 합성 고무 원료 중 한 가지이며, 기온과 노화 저항성 및 접착력 향상에 도움을 준다(Delvecchio, 2003). 개발된 상온식 균열보수 재료의 품질시험은 국내의 관련 규정이 없기 때문에 미국 텍사스주 교통국(TxDOT)의 규정에 따라 기초 물성 평가를 수행하였고, 균열보수 재료로서의 기본 특성 평가를 위해 접착성능 평가를 수행하여 가열식 균열보수재와 비교하였다.

3.1.1. 연화점 시험(Softening Point Test)

연화점 시험은 아스팔트 시료를 일정 조건에서 가열하였을 때 시료가 연화되어 기준 길이(25.4mm)로 변형되었을 때의 온도를 측정하는 시험으로 KS M 2248의 Ring & Ball 방식으로 수행하였다. 시험 방법은 시료를 가열한 후 2개의 환에 부어넣고 실온에서 식혀 시험시편을 준비한다. 증류수를 유리용기에 높이 100~110mm까지 채운 후, 5°C/min으로 용기를 가열하여 시료가 25.4mm까지 변형하였을 때의 온도를 측정한다. Fig. 2는 본 연구에 사용된 연화점 시험 장비를 보여준다.

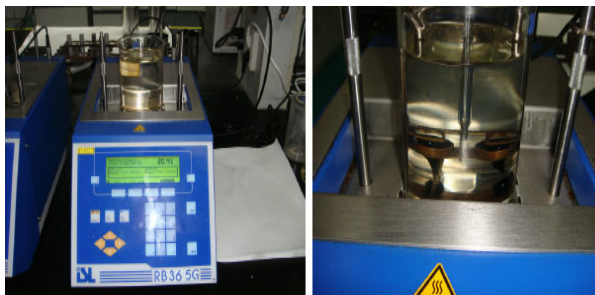


Fig. 2 Softening Point Test

3.1.2. 앵글러 점도 시험(Engler Viscosity Test)

앵글러 점도 시험은 유화아스팔트 혹은 석유제품의 점도를 측정하기 위해 쓰이며 일정한 양의 시료를 가는 모세관으로 흐르게 하여 소요된 시간을 측정하는 단관 유화식 점도 측정법이다. 이음새가 없는 깊은 모양의 용기에 500ml 이상의 유화아스팔트 시료를 채운 후 거품이 생기지 않도록 충분히 섞어 25°C 물에 30분 이상 안정화시켜 준비한다. 유화아스팔트에 포함된 잔유물에 의한 오차를 줄이기 위해 850um 체를 사용하여 여과한 시료를 사용하며, 앵글러 점도 시험 용기 60ml에 기준선까지 유출되는 시간을 측정한다. 이때 앵글러도가 15 이상일 경우 세이볼트 퓨롤(Saybolt Furol Viscous Test)를 수행하여 앵글러도 값으로 변환한다. Fig. 3은 앵글러 점도 시험 전경을 보여준다.



Fig. 3 Engler Viscosity Test

3.1.3. 저장 안정도(Storage Stability)

유화아스팔트의 상태는 물속에 작은 아스팔트 입자가 균질하게 섞여있는 상태로, 장기간 저장 시 물과 아스팔트 입자가 분리되는 현상이 발생하여 재료 물성 변화를 야기할 수 있다. 따라서 일반 아스팔트 바인더에 비하여 올바른 저장 상태를 유지하는 것이 중요하다. 저장 안정도 시험은 유화아스팔트의 장기 보관에 대한 안정성을 평가하는 시험으로, 250ml 실린더에 유화아스팔트를 채운 후 24시간 거치하여 위쪽과 아래쪽 시료 각 50g을 채취한다. 채취된 시료를 가열하여 얻어진 증발잔류분의 질량을 비교하여 안정도를 계산한다. Fig. 4는 저장 안정도 시험 전경을 보여준다.



Fig. 4 Storage Stability Test

3.1.4. 체 잔류분 시험(Sieve Test)

체 잔류분 시험은 유화아스팔트의 품질과 안정성을 평가할 수 있는 시험 중 하나이다. 유화아스팔트에 포함된 고형분(Asphalt Particles)의 양을 측정하는 것으로, 고형분은 유화아스팔트의 운반 및 살포 작업에 문제를 야기할 수 있다. 체 잔류분 시험은 다음과 같다. 유화아스팔트 시료 300±1g을 용기에 채운 후 160°C까지 가열한다. 이때 온도는 160°C 이상이 되지 않도록 주의하며, 거품이 사라질 때까지 저어준다. No. 20 체(850µm)에

준비된 시료를 부어서 체에 잔존한 잔류분의 무게를 측정한다. Fig. 5는 체 잔류분 시험 전경을 보여준다.



Fig. 5 Sieve Test

3.1.5. 침입도 시험(Penetration Test)

침입도 시험은 아스팔트의 컨시스턴시를 평가하는 전통적인 방법으로 아스팔트의 경도 및 노화 정도를 평가할 수 있다. 본 연구에서는 ASTM D 5167의 Cone Penetration, Non-Immersed 규정에 의해 침입도를 측정하였다. 시료를 25℃ 상온에서 1~2시간 안정화시킨 후 시험기에 거치하여 150g의 침으로 5초 동안의 침입도를 측정하여 1/10mm로 계산하였다. Fig. 6은 침입도 시험 장비를 보여준다.



Fig. 6 Penetration Test

3.1.6. 접착성능 평가

균열보수재의 공용성능은 균열수재가 포장체에 얼마나 잘 접착되어 있는지가 중요한 영향을 미친다. 본 연구에서는 ASTM D 6690의 평가 기준을 아스팔트 포장 균열보수재료에 대한 평가를 위해 수정하여 적용하였다. ASTM D 6690 평가 방법은 콘크리트 시편 사이에 균열보수재를 주입하여 -29℃ 조건에서 3.1mm/hr 속도로 하중을 재하하고, 6.3mm 인장 후 다시 재 압축하여 3cycle

동안 부착되어 있으면 통과하는 방식으로 평가한다. Fig. 7은 ASTM D 6690에서 규정한 시험 시편을 보여준다.

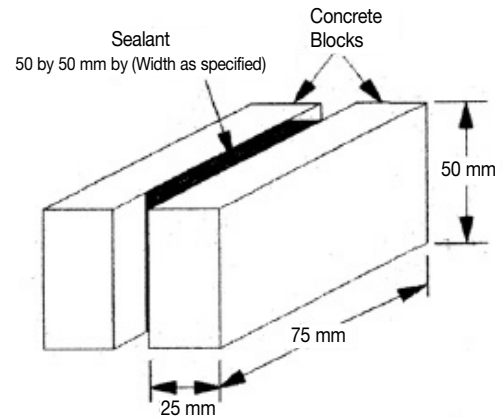


Fig. 7 Prepared Specimen (ASTM D 6690)

본 연구에서는 개발 재료의 순수한 접착성능 비교를 위해 콘크리트 시편 대신에 강철판을 사용하였다. 또한 시험은 0℃에서 3.1mm/hr의 하중을 적용하여 재료가 파괴되는 하중을 최대 하중으로 선정하여 접착성능을 평가하였다. 개발 재료의 상대적 비교를 위해 국내의 가열식 균열보수재 중 A, B사 제품을 사용하였으며, 두 제품은 모두 Hwang et al. (2014) 연구에서 제안한 균열보수재 품질기준 탄성회복율 30%, 접착성능 50N 이상의 기준을 충족한다. Fig. 8은 접착성능 평가 시험 전경을 보여준다.



Fig. 8 Bond Properties Test

4. 실험결과 및 분석

본 연구에서는 유화아스팔트의 개질을 위한 라텍스 첨가제의 선정을 위해, 라텍스 종류 및 함량별 연화점

시험을 수행하였고, 개발된 상온식 균열보수재의 품질 평가를 위해 점도, 체 잔류분, 저장 안정도, 침입도 등의 시험을 수행하였다.

4.1. 라텍스 첨가제 선정

유화아스팔트의 개질을 위한 적절한 라텍스 선정을 위해 Anion Latex, Lipaton SB2540, Lipaton XA562, Lipren B 등의 4가지 라텍스를 선정하여 함량 별(1%, 3%, 5%, 10%, 15%) 연화점 시험을 수행하였다. Fig. 9는 연화점 시험 결과를 보여준다.

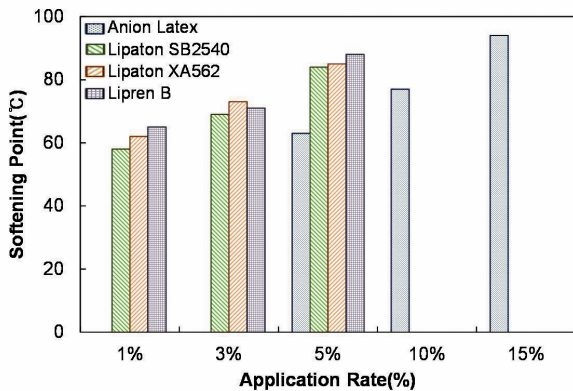


Fig. 9 Softening Point Test Results for Different Latex

Fig. 9에서 Lipren B 라텍스 5% 함량이 가장 적절한 것으로 평가되어 시료 제작에 적용되었다.

4.2. 상온식 균열보수재의 품질 평가

텍사스 주 교통국의 상온식 균열보수재 품질 기준을 적용하여 개발 재료의 기본 물성을 평가하였으며, 또한 체 잔류분 시험 및 저장 안전성 시험을 수행하여 유화아스팔트로서의 기초 물성을 평가하였다. Table 6는 개발 균열보수재의 품질시험 결과를 나타낸다.

Table 6에서 개발된 상온식 균열보수재는 아스팔트 고형분 함량이 상대적으로 높아서 시공 후 용적 변화가

Table 6. Materials Properties

Test	Result	Method
Test on emulsion		
• Viscosity, Engler degree, 25°C, °E	10.92	KS M 2203
• Sieve test, %	0.01	
• Storage stability, %	0.1	
• Evaporation residue, %	68.2	
Test on residue		
• Penetration, 25°C, 1/10mm	38	KS M 2250
• Softening point, R&B, °C	70	

적어 내구성이 증가할 것으로 판단된다. 또한 재료의 저장성이 우수하며 열에 대한 내구성이 큰 것으로 평가되었다.

개발된 상온식 균열보수재의 물리적 특성 및 적용성 평가를 위해 균열보수재로 개발과 시공 전문가로 구성된 자문단의 육안평가를 수행하였다. 전문가 자문단은 기존 가열식 및 상온식 균열보수재와 비교할 때 충분한 질감(Ductility)을 확인할 수 있었고 외형적인 문제점은 없다고 평가하였다. 그러나 상기의 결과는 주관적 판단이기 때문에 향후 실내 시험을 통한 객관적인 평가가 필요할 것으로 판단된다. Fig. 10은 개발 균열보수재의 육안조사를 보여준다.



Fig. 10 Visual Inspection

4.3. 상온식 균열보수재의 접착성능 평가

개발된 상온식 균열보수재의 접착성능 평가를 위해 국내에서 사용되어 재료 품질 및 현장 공용성이 검증된 A, B사 두 제품을 선정하여 비교하였다. Fig. 11은 접착성능 비교 결과를 보여준다.

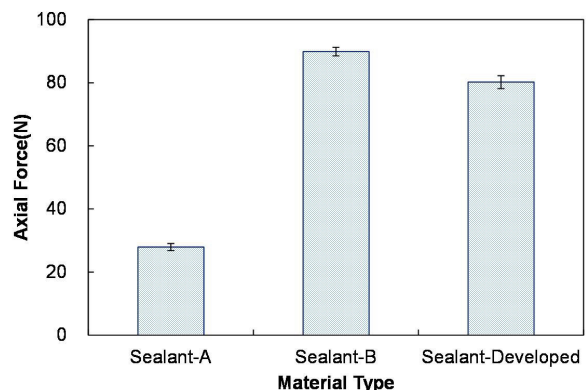


Fig. 11 Bond Properties Results

Fig. 11에서 국내 상용 가열식 균열보수재 제품의 접착 강도는 A제품의 경우 약 28N, B제품은 약 90N의

결과를 나타내었다. 동일한 가열식 제품 내에서도 큰 접착강도 차이를 보였다. 개발된 상온식 균열보수재는 약 80N의 접착강도를 발현하였고, 기존 가열식 제품에 비해 훌륭한 접착성능을 나타내는 것으로 확인되었다. 또한 파괴형상의 육안비교에서도 큰 차이를 나타내었으며, 접착강도가 낮은 시편은 한쪽 면이 완전히 분리되는 형상이었고, 접착강도가 높은 가열식 A제품과 개발된 상온식 균열보수재 시편은 모서리부터 순차적으로 떨어지는 형상을 나타내었다.

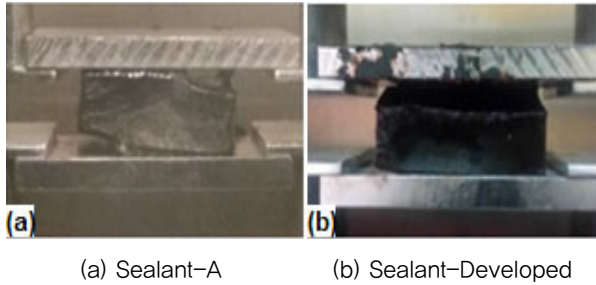


Fig. 12 Failure Mode

5. 시험시공 및 추적조사

5.1. 시험시공

본 연구에서는 개발된 상온식 균열보수재의 현장 적용성 및 공용성 평가를 위해, 현재 공용중인 아스팔트 도로 구간에 개발 균열보수재 이외에 국내·외 상용 제품 세 가지를 사용하여 시험시공을 실시하였다. 여기서 Sealant-A와 Sealant-B는 국내에서 사용되는 균열보수재를 적용한 구간이고, Sealant-C는 국외 제품 적용구간이다. 본 연구에서 개발된 상온식 균열보수재를 적용한 구간은 Sealant-Developed으로 표현하였다. Fig. 13은 시험시공 구간의 개요를 보여준다.

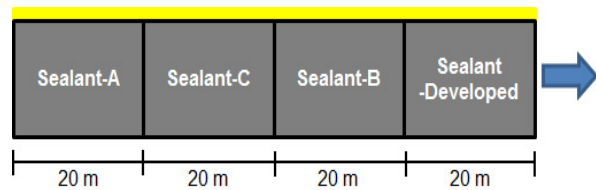


Fig. 13 Test Section

상온식 균열보수재 시공은 가열식의 보수재 가열 공정없이 비교적 간단하게 수행되었다. Fig. 14는 가열식 및 상온식 균열보수재의 시공 과정을 보여준다.

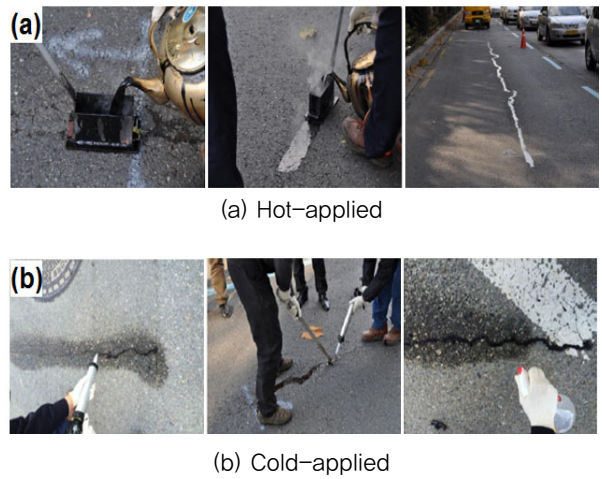


Fig. 14 Crack Sealing Procedure

도로 형태 즉, 교통량 및 형태별 균열보수재의 공용성능 비교를 위해 서울특별시의 일반간선도로, 버스전용차로, 자동차 전용도로에서 시험시공을 수행하였다.

일반간선도로의 경우 성산로(성산대교 남단에서 독립문고가 서단 상행)와 강북청소년창업센터에서 SK 선산대교 주유소 앞 2차로에 시공하였으며, 시험시공의 개요는 Table 7에 나타내었다.

Table 7. Summary of Test Section on Trunk Road

Mat.	Type	Crack length	Cons. length	Crack width (Max.), mm	Cons. temp., °C
A	Hot-	10	10	8-12(15)	230
B		10	10	8-12(15)	202
C		10	10	8-12(15)	205
D	Cold-	10	10	5	10

버스전용차로의 경우 성산로(성산대교 남단에서 독립문고가 서단 상행)와 강북청소년창업센터에서 SK 선산대교 주유소 앞 3차로에 시공하였으며, 시험시공의 개요는 Table 8과 같다.

Table 8. Summary of Test Section on Bus-Only Lane

Mat.	Type	Crack length	Cons. length	Crack width (Max.), mm	Cons. temp., °C
A	Hot-	21.0	20.1	2-3	230
B		20.0	20.1	0.8-2.0	202
C		23.7	19.3	0.8-1.5	205
D	Cold-	20.0	20.1	1.5-3.0	10

자동차 전용차로의 경우, 동부간선도로(서울 노원에서 송파 방면) 월릉 IC에서 이화교 방면 도로에 시공하였다. 시험시공의 개요는 Table 9와 같다.

Table 9. Summary of Test Section on Motorway

Mat.	Type	Crack length	Cons. length	Crack width (Max.), mm	Cons. temp., °C
A	Hot-	20	20	2.2-3.4	228
B		20	20	2.0-2.8	218
C		20	20	1.6-2.2	216
D	Cold-	16	16	3.0-3.6	12

모든 시험시공 구간에서 시공 과정의 문제점은 발견되지 않아 현장 적용성 문제는 없는 것으로 판단된다. 또한 균열보수재의 양생 후 교통개방 시간 선정을 위해 한국도로공사의 지축건조시험을 수행하였다. 지축건조시험은 아스팔트 혼합물 시편(300×300×50mm) 위에 유화아스팔트를 두께 1mm로 살포하여 25℃에서 유화아스팔트를 손가락으로 가볍게 대었을 때 도료가 손가락에 묻지 않는 상태에 이른 시간을 의미하며, 개발된 상온식 균열보수재는 5분의 양생시간을 도출하였다. 종합적으로 상온식 균열보수재의 시공은 가열식에 비해 시공절차가 간단하며, 양생시간 또한 짧아, 교통량이 많은 도심지 시공에 적용하면 교통차단의 불편을 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

5.2. 추적조사

균열보수재의 초기 공용성능 평가를 위해 시험시공 구간에 대한 추적조사를 육안조사와 자동포장상태 조사장비를 이용하여 수행하였다. 균열보수재는 시공 후 초기 공용특성이 중요하며, 특히 상온식 균열보수재는 초기에 적합하게 시공되면 재료 자체의 공용수명을 발현할 수 있다. 따라서 본 추적조사는 시공 후 일주일 후 수행되어 균열보수재의 시공 적합성 및 초기 공용성능을 평가하였다.

일반간선도로 구간에 대해 육안조사와 자동포장상태 조사를 수행하였으며, Fig. 15는 일반간선도로 구간의 포장 노면상태를 보여준다.

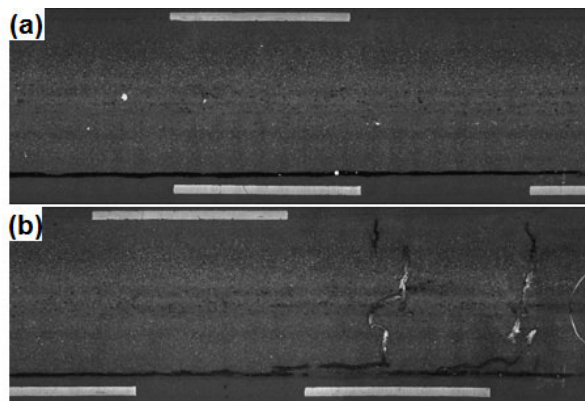


Fig. 15 Pavement Surface Inspection (Trunk Road)

버스전용차로 구간에 대해 육안조사와 자동포장상태 조사를 수행하였으며, Fig. 16은 버스전용차로 구간의 포장 노면상태를 보여준다.

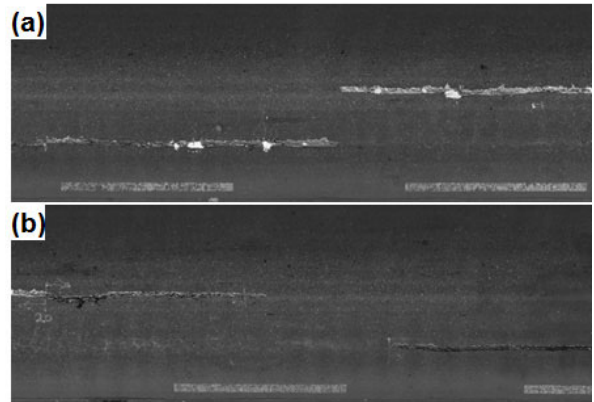


Fig. 16 Pavement Surface Inspection (Bus-Only Lane)

자동차 전용도로 구간에 대해 육안조사와 자동포장상태 조사를 수행하였으며, Fig. 17은 자동차 전용도로 구간의 포장 노면상태를 보여준다.

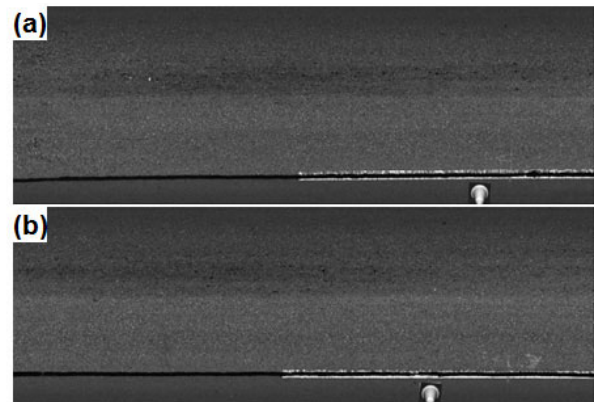


Fig. 17 Pavement Surface Inspection (Motorway)

균열보수 시공 후 일주일 공용기간 이후에 실시된 추적조사에서 육안조사 및 자동포장상태 조사 결과 재료의 탈리나 부족 등의 시공성 문제는 발견되지 않았으며, 균열보수재가 문제없이 정착되어 공용중인 것으로 조사되었다. 일주일의 공용기간은 시공성의 문제가 없는 경우 균열보수재 재료별 공용특성 평가에는 짧은 시간으로, 추후 장기적인 추적조사를 통해 공용성능 평가를 수행하는 것이 바람직할 것이다.

6. 결론

본 연구에서는 상대적으로 시공이 간편하고 충분한 공용성능을 확보할 수 있는 상온식 균열보수재를 개발

하였고, 개발된 재료의 품질, 시공성, 공용성 등을 평가하기 위해 실내 품질시험과 현장 시험시공을 수행하였다. 연구결과 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 상온식 균열보수재는 유화아스팔트를 개질하여 개발하였으며, 연화점 시험을 통해 적정 라텍스 종류와 함량을 Lipren B 라텍스와 5%로 결정하였다.
2. 기초 품질시험 결과 개발된 상온식 균열보수재는 저장성과 내구성이 우수하며, 육안평가 결과 일반 가열식 균열보수재와 유사함을 확인하였다.
3. 접착강도는 개발된 상온식 균열보수재가 약 80N을 나타내어 상용중인 가열식 균열보수재 2종(28N, 90N)과 비교할 때 우수한 성능을 나타내었다.
4. 시험시공은 도로 형태 및 교통량 별 평가를 위해, 일반간선도로, 버스전용차로, 자동차 전용차로에 수행되었으며, 시공성 문제는 없는 것으로 확인되었다.
5. 초기 추적조사 균열보수재가 문제없이 정착되어 공용중인 것으로 조사되었다.
6. 시공 후 일주일의 공용기간을 통해 초기 시공성 및 공용성 확인은 하였으나, 재료별 공용특성 평가를 위해 장기적인 추적조사를 수행해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통과학기술진흥원의 교통물류연구사업 “온실가스 배출 최소화를 위한 친환경 도로포장 기술 개발” 연구지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사드립니다.

REFERENCES

- ASTM D5167-13 (2013) Standard Practice for Melting of Hot-Applied Joint and Crack Sealant and Filler for Evaluation, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- ASTM D6690-15 (2015) Standard Specification for Joint and Crack Sealants, Hot Applied, for Concrete and Asphalt Pavements, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Delvecchio, R.J. (2003). Fundamentals of Rubber Technology. Technical Consulting Services, in Association with the Rubber Division, American Chemical Society.
- Smith, K.L. and A.R. Romine (1999). Materials and Procedures for Sealing and Filling Cracks in Asphalt -Surfaced Pavements. Federal Highway Administration, FHWA-RD-99-147, Washington, DC, USA.
- Hwang, S.D., Y.M. Kim, C. Baek, S.L. Yang, D.W. Cho, J.H. Im, J.W. Lee, and K.H. Lee (2014). Climate Change Adaptive Approach Road Reinforcement Technology Development. KICT 2014-258, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology.
- Lee, J., S. Kim, J. Baek, J. Lim, and Y. Kim (2015). Evaluation of Adhesion Characteristics of Crack Sealants Used in Asphalt Concrete Pavement. International Journal of Highway Engineering, Vol. 17, No. 2, pp. 55-62.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2015). Road Statistics. Molt Statistics System.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013). Pavement Maintenance Manual.
- Tighe, S., R. Haas, and J. Ponniah (2003) Life Cycle Cost Analysis of Mitigating Pavement Rehabilitation Reflection Cracking, 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 2003, Washington, D.C. USA.