

# R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 및 수분민감성 특성

## Characteristics of Rutting and Moisture Susceptibility of R-EPDM Modified Asphalt Mixtures

조영진 Jo, Young-Jin  
 한종민 Han, Joung-Min  
 노영진 Noh, Young-Jin  
 최세휴 Choi, Se-Hyu

정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 주임연구원 (E-mail : yjjo4u@kcl.re.kr)  
 정회원 · 한국건설생활환경시험연구원 주임연구원 (E-mail : jmhan@kcl.re.kr)  
 비회원 · 한국건설생활환경시험연구원 책임연구원 (E-mail : noy1219@kcl.re.kr)  
 비회원 · 경북대학교 건축토목공학부 부교수 · 교신저자 (E-mail : shchoi@knu.ac.kr)

### ABSTRACT

This study evaluates the laboratory properties of asphalt binder and mixture modified with R-EPDM(Recycling Ethylene Propylene Dien Monomer), which consists of R-EPDM as a main ingredient that is an industrial by-product made by manufacturing waste EPDM below 50 mesh as an additive. Superpave system was used to determine the PG(Performane Grade) and evaluate the property of R-EPDM modified binder. OACs(Optimum Asphalt Contents) of R-EPDM modified asphalt mixtures were determined by Superpave mix design using gyratory compactor and wheel tracking test and moisture susceptibility test were carried out with R-EPDM modified asphalt mixtures at OACs. The results from these tests, rutting-resistance and freezing and thawing resistance by moisture susceptibility of R-EPDM modified asphalt mixtures were superior to one of general asphalt mixtures(AP-5).

### KEYWORDS

R-EPDM modified asphalt mixture, rutting-resistance, moisture susceptibility, wheel tracking

### 요지

본 연구에서는 산업부산물인 폐 EPDM을 50mesh 이하로 제조한 미세분말 형태의 R-EPDM(Recycling EPDM)을 주성분으로 아스팔트와 안정성을 높이기 위한 첨가제인 분산제와 유화제 및 폴리머 계통의 유동성 향상제를 혼합한 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 실내 물성 평가를 수행하였다. R-EPDM 개질아스팔트 바인더의 특성을 파악하기 위해 슈퍼패이브 시험법을 이용하여 바인더의 PG(Performance Grade)등급을 분류하였으며, 선화다짐기를 사용한 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 배합설계를 통하여 최적아스팔트(OAC) 함량을 결정하였다. OAC로 제작된 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 및 동결융해 저항성을 평가하기 위하여 반복주행시험과 수분민감성시험을 수행하였으며, R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 및 수분민감성에 대한 저항성이 일반아스팔트(AP-5) 혼합물보다 우수함을 알 수 있었다.

### 핵심용어

아스팔트, R-EPDM 개질아스팔트 혼합물, 소성변형, 수분민감성, 반복주행시험

## 1. 서론

아스팔트 콘크리트 포장에 사용되는 아스팔트는 점탄성과 결합성질이 매우 좋은 물질로 알려져 있어 포장용으로 폭넓게 사용되고 있다. 국내 도로 포장의 약 90%를 차지하고 있는 아스팔트 콘크리트 포장의 파손형태는 소성변형에 의한 파손이 약

57%, 균열 등의 탄성적 파손이 약 39%로 나타났다(박태순 등, 1999). 최근 차량의 대형화와 교통량의 증가로 인한 도로의 파손과 노후화는 아스팔트 성능 개선의 필요성을 증가시키고 있다. 또한, 아스팔트 혼합물의 수분민감성은 아스팔트 포장에 유입된 물이 아스팔트 혼합물 층에 침투하여 골재와 아스

팔트 피막 사이의 점착력과 부착력을 약화시켜 수분손상에 직접적인 영향을 미치면서 표면결함 및 포트홀(Pothole) 등과 같은 포장 파손을 유발하는 원인이 되기도 한다. 소성변형과 수분손상으로 파손되고 노후화된 도로포장은 포장 보수비용의 과다한 지출뿐만 아니라 보수작업으로 인한 교통체증을 가중시키는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 아스콘 포장의 문제점인 소성변형, 수분손상에 의한 포장 파손, 저온균열 등을 개선하기 위한 개질아스팔트가 많이 사용되고 있다. 개질아스팔트에는 SMA(Stone Mastic Asphalt), SBS PMA(Styrene Butadiene Styrene Polymer Modified Asphalt), CRM(Crumb Rubber Modifier), PBS(Phoenix Bituminous Stabilizer) 등이 있으며 아스팔트 콘크리트 도로 포장의 문제점들을 개선하고자 다양한 개질아스팔트에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

한편, 최근의 저탄소 녹색성장 아래 환경 친화적이면서 재활용 가능한 재료의 발굴과 적용은 아스팔트 콘크리트 포장 분야에서 많이 연구되고 있다. 산업부산물을 이용한 개질아스팔트에 대한 연구로는 황이 첨가된 개질아스팔트 혼합물의 실내 물성 평가(양성린 등, 2006)와 CRM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 및 박리저항 특성에 관한 연구(도영수 등, 2007), 페타이어 고무분말 개질아스팔트의 물리적 특성에 대한 공정조건의 영향(오광중 등, 2008), 페타이어 분말을 이용하여 SMA 혼합물의 소성변형 및 변형강도 특성 연구(김현환 등, 2009) 등 산업부산물을 개질재로 사용한 아스팔트 혼합물에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 산업부산물인 폐 EPDM을 미세분말화한 R-EPDM(Recycling EPDM)을 주성분으로 아스팔트와의 안정성을 높이기 위해 첨가제인 분산제와 유화제 및 폴리머 계통의 유동성 향상제 등을 혼합한 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 개질효과, 특히 소성변형과 수분민감성에 대한 특성을 파악하기 위하여 실내시험을 통하여 일반아스팔트(AP-5) 혼합물의 개질재로서 R-EPDM의 적용가능성을 살펴보고자 한다.

## 2. 사용재료 및 시험방법

### 2.1. R-EPDM 개질아스팔트

산업체 및 자동차에서 각종 고무류 부품으로 사용되고 있는 EPDM은 자동차 창틀고무, 호스류 등에 많이 사용되고 있다. EPDM 고무는 일반적인 고무에 비해 기계학적 특성, 내한성 및 내후성 등이 뛰어나 매년 사용량이 증가하고 있으며, 산업부산물인 폐 EPDM 발생량 또한 매년 증가하고 있다. 본 연구에서는 소각로의 화력으로 소진되고 있는 산업부산물인 폐 EPDM을 미세분말화한 R-EPDM(Recycling EPDM)을 일반아스팔트(AP-5)의 개질재로 사용하였다. R-EPDM의 크기는

50mesh보다 크면 재료의 분산이 균질하게 이루어지지 않기 때문에 작업성과 경제성을 고려하여 최소 50mesh 이하의 미세분말을 사용하였으며 50mesh 이하의 미세분말화한 R-EPDM은 혼합분산과정에서 입자의 미세화에 의해 균질한 분산이 이루어지고 분쇄과정에서 일부분이 표면활성화가 이루어져 아스팔트와 R-EPDM 상호간의 물리·화학적 결합이 용이하게 되므로 아스팔트에 유연성, 탄성력, 점착성 및 접착 강도를 높여 준다.

R-EPDM을 일반아스팔트(AP-5)의 개질재로 사용한 R-EPDM 개질아스팔트는 유연성, 탄성력, 점착성 및 접착 강도가 좋고 R-EPDM에 함유되어 있는 노화안정제, 자외선 안정제, 카본블랙 등의 첨가제를 활용할 수 있어 다른 개질재가 가지지 못하는 특성들을 발현할 수 있다. R-EPDM 개질아스팔트는 EPDM 고무 고유의 성질을 최대한 이용하여 탄성복원력이 우수하여 넓은 온도 범위에서 사용가능한 장점이 있다.

본 연구에서는 R-EPDM 개질재를 첨가 비율별로 제조하여 아스팔트 바인더 및 혼합물의 특성을 살펴보고자 실내시험을 수행하였으며 R-EPDM 개질아스팔트 바인더의 강성 특성을 평가하기 위하여 SHRP(Strategic Highway Research Program)을 통해 미국에서 개발된 Superpave(Superior Performing Asphalt Pavements) 바인더 시험방법을 이용하였다. 또한, 일반아스팔트(AP-5) 및 R-EPDM 개질아스팔트에 대한 노화저항성 시험, 고온에서의 소성변형 저항성 측정을 위한 DSR(Dynamic Shear Rheometer), 낮은 온도에서의 아스팔트의 굳기(Stiffness) 측정을 위한 BBR(Bending Beam Rheometer) 등의 시험을 수행하였다. Superpave 바인더 시험결과를 통해 R-EPDM 개질재 첨가비율에 따른 아스팔트 바인더의 PG(Performance Grade)등급을 분류하였다.

### 2.2. 사용골재 및 배합설계

본 연구에 사용한 골재는 경상북도 경산에서 채취한 화강암을 파쇄한 부순 굵은골재와 잔골재(Screenings)를 사용하였으며, 채움재(Mineral Filler)로는 석회석분을 사용하였다. 굵은골재 최대치수 19mm로 하여 13mm 굵은골재와 잔골재, 채움재를 혼합하여 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물 19mm 표층용으로 사용하였다. 본 연구에서 사용한 골재의 품질기준을 표 1에 나타내었다.

표 1. 재료의 품질기준

시험항목	굵은골재	잔골재	채움재
밀도(g/cm <sup>3</sup> )	2.50 이상		-
흡수율(%)	3.0 이하		-
마모감량(%)	35 이하	-	-
안정성(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )(%)	12 이하	15 이하	-
편장석률(%)	30 이하	-	-
수분함량(%)	-		1.0 이하

부순 골재와 R-EPDM 개질아스팔트를 이용하여 실내배합을 실시하였으며 R-EPDM 개질재 첨가량을 아스팔트 중량%로 5%, 8%, 15%에 대한 각 개질아스팔트 혼합물의 배합설계 결과를 바탕으로 제작된 혼합물 시편을 사용하여 소성변형 및 수분손상 저항성에 대한 실내시험을 수행하였다. R-EPDM 개질재의 첨가량은 도로포장 19mm 표층용 아스팔트 혼합물의 배합설계를 통해 최적아스팔트 함량(OAC)을 결정하였다. 결정된 OAC로 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물을 제작하여 간접인장강도(Indirect Tensile Strength : ITS), 동결융해를 통한 인장강도비(Tensile Strength Ratio : TSR), 회복탄성계수(Resilient Modulus : MR), 마찰안정도(Marshall Stability : MS), 동적안정도(Dynamic Stability : DS) 시험 등을 수행하였다.

### 2.3. 반복주행 시험(Wheel Tracking Test)

본 연구에서는 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 특성에 대한 저항성을 알아보기 위하여 반복주행시험(Wheel Tracking Test)을 수행하였다. 소성변형(Permanent Deformation)은 아스팔트 표층이나 기층에서 반복되는 하중으로 인해 재료들이 점진적으로 이동하여 발생되며 소성변형의 주된 발생원인은 압밀(Consolidation)이나 소성유동(Plastic Flow)이라고 할 수 있다. 이러한 소성변형의 저항성을 평가하는데 일반적으로 사용되는 반복주행시험은 동적 반복 크리프 시험의 일종으로 영국의 도로교통운수연구소(Transport and Road Research Laboratory : TRRL)에서 개발하였다. 마찰안정도 시험(Marshall stability test)도 아스팔트 혼합물의 내유동성을 어느 정도 평가할 수 있지만, 반복주행시험은 실제 아스팔트 포장 도로가 고온 환경 조건일 때, 중차량의 주행으로 인한 소성변형이나 니딩작용(Kneading)을 모사시켜 차륜을 실제 주행시킴으로써 보다 직접적인 평가 방법으로 간주되고 있다.

본 연구에서는 배합설계를 거쳐 결정된 최적 아스팔트 함량으로 300×300×50mm의 슬래브 공시체를 제작하여 24시간 양생 후, 60℃에서 6시간 이상 보관 후 반복주행시험을 수행하였다. 한국산업표준(KS F 2374)의 규정에 적합한 반복주행시험기를 사용하여 왕복주행회수에 따른 수직 침하량을 측정하였다. 반복주행시험은 윤하중을 686N을 적용하여 실시하였으며, 주행거리는 230±10mm이며, 시험차륜은 공시체 중앙부를 42±1회/분의 왕복속도로 45분(1890회) 및 60분(2520회)에서의 반복주행에 따른 침하량을 축에 설치된 변위계이저를 통해 측정하였다. 시험결과로 최종 침하깊이(Rut Depth : RD)와 아스팔트 혼합물 슬래브 공시체가 1mm 침하되는데 요구되는 주행회수를 의미하는 동적안정도(Dynamic Stability : DS)를 산출하였다. 반복주행시험에서 동적안정도가 크고 침

하깊이가 작을수록 소성변형에 대한 저항성이 우수하다는 것을 의미한다. 본 연구에서 반복주행시험의 결과인 동적안정도와 변형속도를 구하기 위해 적용한 산출식은 식 (1)과 식 (2)와 같다.

$$DS(\text{회}/\text{mm}) = 42 \times \frac{15}{d_{60} - d_{45}} \quad (1)$$

$$RD(\text{mm}/\text{min}) = \frac{d_{60} - d_{45}}{15} \quad (2)$$

여기서,  $DS$  : 동적안정도(회/mm)

$d_{60}$  : 60분에서의 변형량(mm)

$d_{45}$  : 45분에서의 변형량(mm)

$RD$  : 변형속도(mm/min)

### 2.4. 수분민감성 시험

아스팔트 혼합물은 골재를 감싸고 있는 아스팔트 바인더의 피막이 골재로부터 벗겨지는 박리현상 때문에 물과 접촉함에 따라 점점 취약해지는 현상을 보이게 되고, 이런 현상으로 인하여 아스팔트 혼합물의 파손사례가 발생하고 있다. 또한, 물을 포함한 아스팔트 혼합물이 동결하면 공극 내의 수분이 팽창하여 내부응력을 유발하고, 내부응력에 의해 미세균열이 발생되어 아스팔트 혼합물의 강도를 저하시키는 결과를 초래한다. 아스팔트 혼합물의 내부 골재를 서로 결합시켜 주는 아스팔트 바인더의 결합력이 약한 경우에 더욱 심한 강도저하 현상이 일어나며, 골재와 아스팔트 바인더의 친화력과도 깊은 관계가 있다. 아스팔트 혼합물의 수분 민감성을 측정하기 위하여 본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 수분저항성 시험방법(KS F 2398 : 2005)의 규정에 따라 시험을 실시하였다. 선화다짐기를 사용하여 목표 공극률이 얻어지도록 다짐을 실시하여 R-EPDM 첨가량에 따른 유형별 6개의 시편을 제작하였으며 동일한 공극률을 가진 유형별 각 6개의 시편 중 3개의 공시체는 건조상태, 25℃에서 간접인장강도를 측정하였다. 나머지 공시체 3개는 동결융해 조건을 적용하여 시료에 대한 시험전처리 과정을 거친다. 아스팔트 혼합물 공시체를 13~67kPa 진공으로 공극의 55~80%를 포화시키고 포화된 공시체를 3ml의 증류수와 함께 밀폐된 시료 보관함에 넣어 -18±2℃로 16시간 이상 동결시킨 후 60±1℃에서 24시간 동안 수침하였으며 수침 처리된 공시체를 25±1℃ 항온수조에서 2~3시간 수침 후 간접인장강도를 측정하였다. 또한, 저온 균열에 대한 저항성과 고온에서의 소성변형 저항성을 살펴보기 위하여 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물 시편에 대한 간접인장강도 및 회복탄성계수를 측정하였다. 시험온도 조건을 저온(5℃), 상온(25℃), 고온(40℃)으로 구분하여 각 혼합물 시편에 대한 온도 감온 특성 경향을 살펴보았으며 수분저항성 시험으로 구해지는 인장강도

비(Tensile Strength Ratio : TSR)는 식 (3)에 의하여 산출하였다.

$$TSR = \frac{ITS_{Freeze\ and\ Thaw}}{ITS_{Dry, 25^{\circ}C}} \quad (3)$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. R-EPDM 개질아스팔트

R-EPDM 개질아스팔트와 비교를 위한 기준(Control) 아스팔트인 일반아스팔트(AP-5)는 국내 S사에서 생산되는 침입도 기준 60~80 등급 및 PG등급 64-22을 사용하였다. 일반아스팔트(AP-5)와 R-EPDM 개질아스팔트의 공용성 등급(PG)에 대한 시험결과를 표 2에 나타내었다. 공용성 등급 실험결과, R-EPDM 개질아스팔트의 PG등급이 모두 76-22 품질을 만족하는 결과를 보였으며 일반 아스팔트의 PG등급인 64-22와 비교해 볼 때, R-EPDM의 개질 효과가 우수함을 알 수 있었으며 일반아스팔트(AP-5)보다 소성변형 저항성이 크다는 것을 알 수 있었다.

표 2. 공용성 등급 실험결과

시험항목	단위	R-EPDM 개질첨가제				
		0%	5%	8%	15%	
침입도(25℃)	0.1mm	70	44	40	37	
신도(15℃)	cm	150이상	59.3	53.6	47.2	
연화점	℃	48.0	62.5	68.0	70.0	
공용성 등급(PG)		64-22	76-22	76-22	76-22	
인화점	℃	352	335	331	331	
점도(135℃)	Pa·s(cps)	0.859	2.037	2.106	2.084	
RTFO 노화후 질량손실	%	0.08	0.10	0.09	0.07	
G*/sinδ (RTFO 노화 전)	kPa	1.600	1.060	1.380	1.390	
G*/sinδ (RTFO 노화 후)	kPa	2.890	2.460	3.080	2.780	
G* × sinδ (PAV노화 후)	kPa	2900	1030	760	785	
Stiffness	-12℃	MPa	189.812	178.157	181.238	157.919
m-value		-	0.349	0.338	0.371	0.350

#### 3.2. 사용골재 및 배합설계

본 연구에서 사용한 골재는 전국적으로 분포가 많고 성능이 좋아 국내에서 가장 일반적으로 많이 사용하고 있는 화강암질의 부순 골재(국내 A사에서 생산)를 사용하였다. 본 연구에 사용된 골재의 물리적 특성을 표 3에 나타내었다. 굵은골재 최대

치수를 19mm와 13mm로 선정하여 부순 잔골재, 채움재(석회석분)와 혼합하여 슈퍼패브 19mm 규격(KS F 2377 : 2001)에 적합한 입도로 조정하여 사용하였으며, 슈퍼패브 배합설계에 사용한 합성입도는 그림 1에 나타내었다.

표 3. 골재의 물리적 특성

시험항목	19 mm	13 mm	부순잔골재	채움재
밀도(g/cm <sup>3</sup> )	2.663	2.661	2.653	2.774
흡수율(%)	1.1	1.2	1.5	-
마모감량(%)	16	17	-	-
단위용적질량(kg/L)	1.56	1.56	1.69	-
안정성(Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )(%)	4	4	4	-
편장석률(%)	8	10	-	-
수분함량(%)	-	-	-	0.2

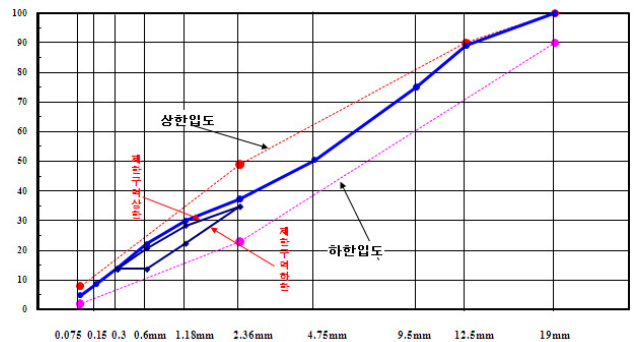


그림 1. 합성입도

R-EPDM 개질 첨가제의 사용비율 5%, 8%, 15%에 따른 3 가지 타입의 바인더를 이용하여 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물 배합설계를 수행하였다. 선회다짐기를 사용한 다짐을 실시하였으며 제작된 시료에 대한 아스팔트 혼합물의 역학시험을 하였다. 본 연구에서 배합설계를 통하여 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 최적아스팔트 함량(OAC)을 결정하였으며 공시체 제작은 현장 다짐방법을 고려한 선회다짐기(SGC)의 다짐방법(KS F 2377)을 적용하여 제조하였다. R-EPDM 개질재 첨가 비율에 따른 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물과 일반아스팔트(AP-5) 혼합물의 최적아스팔트 함량과 특성치를 표 4에 나타내었다.

표 4. 최적아스팔트 함량에서의 혼합물 특성치 (19mm)

시험결과	R-EPDM 개질첨가제			
	0%	5%	8%	15%
OAC(함량, %)	5.2	5.0	4.8	4.9
VTM(공극률, %)	4	4	4	4
VFA(포화도, %)	73	73	76	74

### 3.3. 소성변형 저항성

R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 저항성을 평가하기 위해 마샬 안정도, 회복탄성계수 및 반복주행 시험을 수행하였다. 교통하중에 의한 반복적인 하중 조건 하에서 아스팔트 도로 포장재의 탄성 거동 특성을 파악하기 위해 각 시편에 대해 저온, 상온, 고온조건에서의 회복탄성계수(Resilient Modulus,  $M_R$ )를 측정하였으며 회복탄성계수( $M_R$ ) 시험 결과를 표 5와 그림 2에 나타내었다. 저온에서 고온으로 갈수록 회복탄성계수는 급격하게 감소하는 경향을 보임을 알 수 있었다.

표 5. 회복탄성계수 시험 ( $M_R$ )

시험결과		R-EPDM 개질첨가제			
		0%	5%	8%	15%
회복탄성계수 (MPa)	5℃	9210	15507	16288	14225
	25℃	1688	6227	6541	5713
	40℃	677	1925	2021	1988

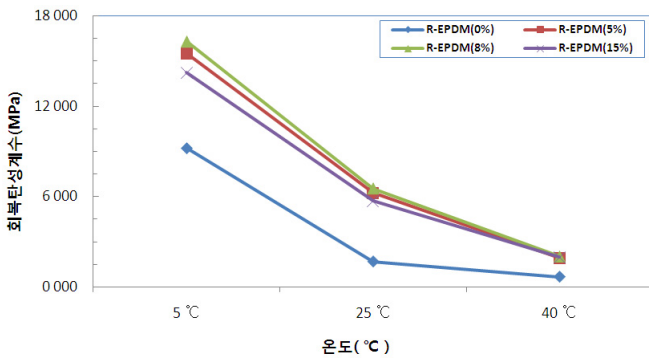


그림 2. 회복탄성계수 시험 ( $M_R$ )

R-EPDM 개질아스팔트 혼합물이 일반아스팔트(AP-5) 혼합물보다 상대적으로 회복탄성계수가 크게 나타났지만, 온도변화에 따른  $M_R$  변동폭이 일반아스팔트(AP-5) 혼합물보다 상대적으로 약 6% 큰 값을 보였다. 온도 균열의 발생원인 중 하나인 감온성의 영향을 상대적으로 더 받는다는 것으로 나타나, 향후 이 부분에 대한 개선이 필요함을 알 수 있었다.

그림 3은 아스팔트 혼합물의 내유동성을 어느 정도 평가할

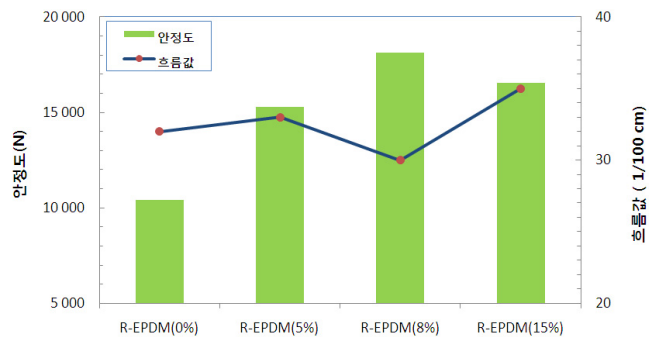


그림 3. 마샬안정도시험

수 있는 마샬안정도와 흐름값을 나타낸 것이다. 일반아스팔트(AP-5)와 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물 모두 흐름값에서 일정한 특징의 변화 경향은 보이지 않았으며, 마샬 안정도(MS)는 일반아스팔트(AP-5) 혼합물보다 46.7%~73.7%까지 크게 나타났다.

아스팔트 혼합물에 대한 소성변형 저항성을 평가하기 위한 반복주행시험을 수행한 결과를 그림 4에 나타내었다. 반복주행 시험 결과로 동적안정도(DS)와 변형속도(RD)가 있으며, 동적안정도가 클수록 소성변형에 대한 저항성이 큰 것으로 알려져 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 일반아스팔트(AP-5) 혼합물보다 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 동적안정도가 60%~79%까지 증가하였으며, 변형속도는 37%~44%까지 감소한 결과를 보였다. 동적안정도는 한국산업표준(KS F 2349)에서 19mm 표층에 대해 소성변형 저항성이 높은 혼합물에 규정하고 있는 동적안정도 기준 보다 최소 2배 이상 높은 값을 보였으며, 일반 개질아스팔트에서 요구하는 기준치 2000(회/mm)보다 41% 증가한 값을 나타내었다. R-EPDM 개질재 첨가비율에 따른 차이는 거의 없었으며, 첨가비율이 8%일 때, 상대적으로 동적안정도가 19% 증가하였으며, 변형속도는 7% 정도 감소한 결과를 나타내었다. 따라서, 일반아스팔트(AP-5) 혼합물보다 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 저항성이 우수함을 알 수 있었다.

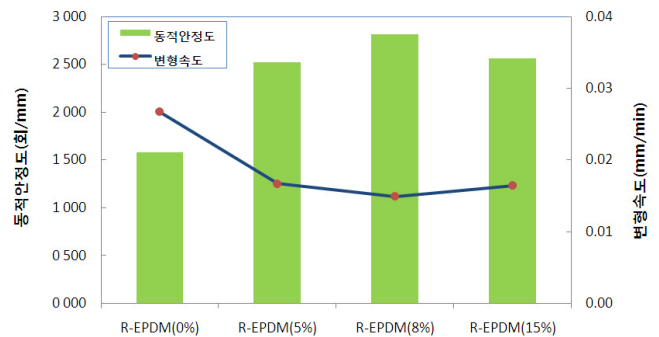


그림 4. 반복주행시험

### 3.4. 수분손상 저항성

간접인장강도(ITS)는 포장의 균열 저항성을 평가하는데 중요한 물성 중의 하나로서, 본 연구에서는 저온, 상온, 고온에서의 파괴하중과 변위량을 측정하였다.

표 6. 간접인장강도 (ITS)

시험결과		R-EPDM 개질첨가제			
		0%	5%	8%	15%
간접인장강도	5℃	1.398	2.112	2.171	2.134
	25℃	0.895	0.930	0.989	0.952
	40℃	0.496	0.657	0.716	0.679

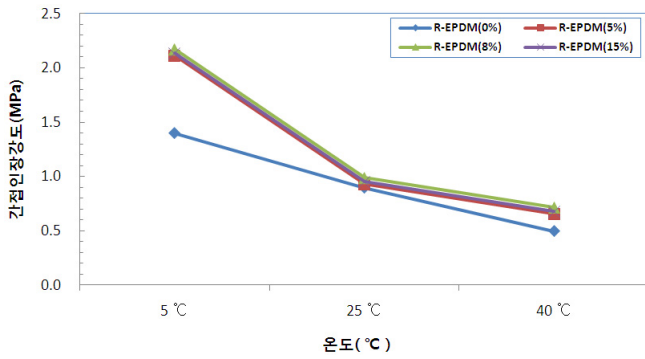


그림 5. 간접인장강도시험 (ITS)

표 6에서 보는 바와 같이, R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 간접인장강도는 일반아스팔트 혼합물보다 저온에서 최대 55.3%, 고온에서 44.4% 크게 나타났으며, 온도 변화에 따른 간접인장강도 변동폭이 33% 이하로 낮게 나타나 감온 특성이 우수함을 알 수 있다. 또한, R-EPDM 개질재 첨가비율에 따른 간접인장강도 거동차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

일반아스팔트(AP-5) 혼합물과 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물에 대한 동결융해처리 전후의 간접인장강도를 측정하여 수분손상 저항성을 나타내는 인장강도비(TSR)를 표 7에 나타내었다. 인장강도비가 낮다는 것은 그만큼 동결융해처리로 인해 아스팔트 혼합물이 박리(Stripping)와 와해(Disintegration) 등의 손상을 입었다는 것을 의미한다. 인장강도비 시험결과 일반아스팔트 혼합물보다 R-EPDM 개질아스팔트의 인장강도비가 23.8%~27% 정도 높은 값을 보였으며, R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 평균 인장강도비는 0.79로 동결융해에 의한 수분손상 저항성이 상당히 우수함을 나타내었다.

표 7. 인장강도비 (TSR)

시험항목	R-EPDM 개질첨가제			
	0%	5%	8%	15%
TSR	0.63	0.78	0.80	0.79
증가율	-	23.8%	27.0%	25.4%

#### 4. 결론

본 연구에서는 산업부산물인 폐 EPDM을 미세분말화한 R-EPDM을 일반아스팔트(AP-5)의 개질첨가제로 재활용하여 R-EPDM 개질아스팔트 혼합물의 특성을 분석하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. R-EPDM 개질아스팔트의 공용성 등급(PG)은 76-22로서 일반아스팔트(AP-5)의 공용성 등급인 64-22보다 높아 R-EPDM 개질아스팔트가 바인더로서의 개질 효과와 소성변형에 대한 저항성이 우수함을 알 수 있었다.

2. R-EPDM 개질아스팔트의 인장강도비(TSR)는 일반아스팔트(AP-5) 혼합물의 인장강도비보다 최대 27% 정도 증가하여 수분손상 저항성이 크다는 사실을 알 수 있었으며, 반복주행시험 결과인 동적안정도는 일반아스팔트(AP-5) 혼합물의 동적안정도보다 최대 79% 정도 증가하여 소성변형 저항성이 우수한 것을 알 수 있었다.

3. R-EPDM 개질아스팔트 혼합물은 저온균열 및 소성변형 발생 위험이 높은 구간에 적용 가능한 개질아스팔트 혼합물로서의 품질규정을 충분히 만족함을 알 수 있었다. 따라서, R-EPDM 개질아스팔트 혼합물을 도로포장재 표층용으로 적용한다면, 저온균열 및 소성변형에 대한 저항성을 높이는 데 효과적이라고 할 수 있다.

4. 향후 R-EPDM과 아스팔트와의 안정성 향상을 위해 R-EPDM 미세분말 입경의 균일도 향상과 분산제 및 유화제 등의 최적 사용량에 대한 추가적인 연구가 필요하다고 판단된다.

#### 참고 문헌

김현환, 최영렬, 김광우, 도영수(2009) "개질재 첨가에 따른 SMA 혼합물의 소성변형 및 변형강도 특성 연구", *한국도로학회 논문집*, 제11권 4호, pp.25-31.

도영수, 박태원, 김현환, 김광우(2007) "CRM 개질아스팔트 혼합물의 소성변형 및 박리저항 특징", *한국도로학회 논문집*, 제9권 4호, pp.149-158.

박태순, 고석범, 김수삼(1999) "국내 아스팔트 포장의 소성변형으로 인한 유지보수비용 및 문제점 조사에 관한 연구", *한국도로포장공학회 창립기념 '99학술발표회 논문집*, pp.69-74.

양성린, 김부일, 김남호, 이석근(2006) "황이 첨가된 개질아스팔트 혼합물의 실내물성 평가", *한국도로학회논문집*, 제8권 3호, pp.163-172.

오광중, 김종석(2008) "페타이어 고무분말 개질아스팔트의 물리적 특성에 대한 공정조건의 영향", *한국도로학회논문집*, 제10권 3호, pp.239-246.

한국산업표준(2010) "가열 아스팔트 혼합물", KS F 2349

한국산업표준(2005) "아스팔트 혼합물의 수분저항성 시험방법", KS F 2398.

한국산업표준(2000) "역청포장 혼합물의 휠트랙킹 시험방법", KS F 2374.

접 수 일 : 2010. 8. 4  
 심 사 일 : 2010. 8. 9  
 심사완료일 : 2010. 10. 5