



## 폐윤활유를 이용한 아스팔트 실란트

김 석 준<sup>†</sup> · 고 금 진

군산대학교 공과대학 나노화학공학과  
(2008년 12월 22일 접수, 2009년 2월 2일 수정 및 채택)

### Asphalt Sealant Containing the Waste Lubricant Oil

Seogjun Kim<sup>†</sup> and Kumjin Ko

Department of Nano and Chemical Engineering, Kunsan National University,  
San #68, Miryong-dong, Kunsan, Chonbuk 573-701, Korea

E-mail : sjkim@kunsan.ac.kr

(Received December 22, 2008, Revised & Accepted February 2, 2009)

**요약** : 본 연구에서는 폐윤활유를 이용하여 아스팔트 포장도로의 균열 보수에 주로 사용하는 아스팔트 실란트를 제조하였다. 아스팔트(AP-5), SBS 삼블록 공중합체(triblock copolymer), 점착제(석유수지) 및 산화방지제를 폐윤활유와 혼합하여 콘 침입도, 연화점, 신도, 흐름성, 인장 접착 신율 및 원상회복률을 측정하였다. 폐윤활유 함량이 증가함에 따라 아스팔트 실란트의 콘 침입도는 증가하였고 연화점, 신도 및 원상회복률은 감소하였다. 증량제로 탈크를 첨가할 경우 함량에 비례하여 연화점 및 원상회복률은 증가하였으나 콘 침입도, 신도 및 인장 접착 신율은 감소하였다. 석유수지 함량을 크게 줄여 ASTM 규격에 적합하면서도 가장 경제적인 균열 보수용 아스팔트 실란트를 제조할 수 있었다.

**ABSTRACT** : Asphalt sealants for the crack repair of asphalt concrete road were prepared using waste lubricant oil in this work. The waste lubricant oil was compounded with asphalt(AP-5), SBS triblock copolymer, a tackifying agent(petroleum resin), and antioxidants. Cone penetration, softening point, ductility, elongation by tensile adhesion, and resilience of asphalt sealant compounds were measured. Cone penetration of asphalt sealant compounds increased with the increase of waste lubricant oil content while their softening point, ductility, and resilience decreased. By the addition of talc as an extender, softening point and resilience of asphalt sealants increased, but cone penetration, ductility, and elongation by tensile adhesion of those decreased with the proportion of talc content. The most economic asphalt sealant which could pass an ASTM specification could be manufactured by the big decrement of petroleum resin content.

**Keywords** : asphalt sealant, polymer modification, crack filler, waste lubricant oil, SBS

## I. 서 론

아스팔트에 고분자를 첨가한 고분자 변성 아스팔트(polymer modified asphalt, 이하 PMA)는 아스팔트 포장의 마모, 크랙 발생 및 영구 소성변형 등에 대한 저항성을 높일 수 있다.<sup>1-8</sup> PMA에 사용되는 고분자로는 스티렌-부타디엔-스티렌 삼블록 공중합체(SBS triblock copolymer, 이하 SBS)가 가장 많이 사용되고 있고 스티렌-부타디엔 고무(SBR), 에틸렌-비닐아세테이트 공중합체(EVA), 폴리에틸렌(PE) 순으로 적용되고 있다.<sup>6</sup> SBS를 첨가한 PMA 바인더의 사용은 탄성, 패임 저항성 등이 증가하여 아스콘 포장의 두께를 감소시키면서도 수명을 두 배 정도 증가시킨다고 보고되었다.<sup>2</sup> 최근에는 저장 중에 상분리를 막기 위하여 아스팔트와 화학반응을 일으키는 기능성 SBS가 개발되어 사용되고 있으며,<sup>5,9</sup> 과산화물 가교제를 첨가하는 방법<sup>10</sup>도 개발되었다. 고분자 신재 대신에 페플라스틱

<sup>3,10-13</sup> 또는 페고무<sup>3,7,8</sup>를 사용할 수도 있다. 페고무로는 페타이어 고무 분말(ground tire rubber or crumb rubber)이 가장 많이 사용되고 있으며 전체적으로는 SBS 다음으로 많이 적용되고 있다.<sup>1,7</sup>

아스팔트 실란트는 기본 성분인 아스팔트에 고분자 변성 뿐 아니라 연화제, 점착제(tackifying agent) 및 충전제(또는 증량제) 등을 첨가하여 콘크리트 포장 도로의 줄눈재, 아스팔트 포장 도로의 균열 보수용(crack sealant) 및 각종 교량 조인트의 신설 및 보수에 사용되는 신축이음용(joint sealant) 등으로 사용되고 있다.<sup>14,15</sup> 1983년 출원하여 이미 만료된 특허<sup>15</sup>에는 아스팔트 100 phr, 페타이어 고무분말 12~20 phr, 스티렌-부타디엔 블록 공중합체 2~8 phr, 공정유 6~10 phr로 이루어진 아스팔트 실란트용 조성물이 공지된 바 있다. 이후에도 꾸준한 연구를 통해 물성이 현저히 개선된 조성물들이 국내외의 특허에 많이 공지되어 있다. 최근에는 국내 아스팔트 포장 도로의 보

수용으로 많은 양의 실란트가 사용되고 있고 각종 원재료의 가격 급등에 따라 원가절감을 위하여 각종 재료의 재활용이 중요하게 되었다. 실란트 구성 성분 중에서는 SBS와 점착제 수지(주로 석유수지가 사용됨) 및 공정유가 비교적 고가인 편이다. 따라서, SBS를 값이 싼 페스티로폼이나 폐요구르트병<sup>16</sup>으로 대체하거나 연화제로 폐식용유를 적용하는 연구<sup>17</sup>가 이미 수행되었다. 연화제로 폐식용유를 적용한 연구에서는 저온(-29 °C) 점착 특성이 현저하게 향상되는 결과를 보였다. 최근에 겪은 원유 가격의 급등은 석유에서 얻는 대부분의 원재료 가격을 급등시켰으며 폐식용유의 가격도 두 배 정도 급등하였다. 따라서, 연화제로 폐윤활유를 적용하여 아스팔트 실란트를 제조하는 등의 보다 경제적인 원료의 사용이 중요하게 되었다.

폐윤활유는 자동차(LPG, 휘발유 및 디젤 엔진) 및 선박의 엔진오일로 사용되었던 것으로 자동차 정비소 및 폐차장 등에서 대량으로 발생되고 있다. 2007년도 국내 윤활유 소비량은 약 35만 kl(3억 5천만 리터)에 달하므로 부주의하게 버려지는 약 5천만 리터를 제외하면 약 3억 리터(30만톤) 정도의 양이 수거가 가능하다. 폐윤활유에 대한 재활용 연구는 이미 많이 수행되었으며 주로 열분해를 통한 연료유 또는 화학제품의 생산<sup>18,20</sup>에 사용되고 있다. 최근에는 발효를 이용한 바이오 계면활성제 생산연구가<sup>21</sup> 수행된 바 있다.

본 연구는 기존에 연화제로 사용되는 방향족계 또는 파라핀계 공정유, 병커 C유, 폐식용유 등을 완전히 폐윤활유로 대체하여 균열 보수용 아스팔트 실란트를 제조하는 것이다. 폐윤활유 함량에 따른 아스팔트 실란트의 침입도, 연화점, 신도, 흐름성, 상온 인장 점착성 및 원상회복률의 변화를 측정하였다. 그리고, 증량제로 탈크를 첨가하여 침입도, 연화점 등의 물성이 ASTM 표준에 적합하도록 처방을 연구하였다. 끝으로 고가인 석유수지 점착제의 함량을 감소시키면서 상온 인장 점착성의 변화를 살펴보았다.

## II. 실험

### 1. 재 료

연구에 사용된 아스팔트는 국내 SK 정유사에서 생산하는 AP-5(침입도 60~70)를 사용하였다. SBS는 입자 크기가 비교적 작은 것으로 금호석유화학에서 생산하는 Kosyn<sup>®</sup> KTR-101P를 입수한 그대로 사용하였다. 안정제로는 1차 및 2차 산화방지제의 1:2 블렌드인 Songnox<sup>®</sup> 21B(송원산업)를 사용하였다. 점착제(tackifying agent)로는 코오롱 유화의 DCPD(dicyclo-pentadiene)계 석유수지인 상품명 Sukorez<sup>®</sup> SU-120을 구입하여 사용하였다. 폐윤활유는 LPG 차량에서 수거한 엔진오일을 정제 없이 사용하였고 폐식용유는 분식집에서 수거한 폐대두유를 유리면으로 여과하여 사용하였다. 충전제로는 탈

크(KC-325)를 한중교역에서 구입한 그대로 건조하지 않고 사용하였다.

### 2. 실란트의 제조

아스팔트 실란트 배합물들(L1~L15)은 Table 1~Table 3에 주어진 함량대로 아스팔트(AP-5), SBS, 석유수지(Sukorez<sup>®</sup> SU-120), 탈크, 오일(폐식용유 또는 폐윤활유) 및 산화방지제를 평량하여 온도조절이 가능한 1리터 유리 혼합조에 투입하고 임펠러 교반기(Lab. Stirrer, TOPS사)를 이용 190 °C에서 약 300 rpm으로 총 5시간 교반하여 제조하였다. 투입 순서는 아스팔트, 산화방지제, 석유수지, 오일을 먼저 넣고 약 30분간 교반하여 균일하게 섞은 다음 SBS를 넣고 다시 교반하였다. 탈크를 첨가하는 경우는 4시간 교반 후 탈크를 유리 혼합조에 투입한 다음 1시간 정도 더 교반하였다.

Table 1에는 폐식용유와 폐윤활유를 비교한 실험들(L1과 L2)과 폐윤활유 함량 증가에 따른 실험들(L3~L6)의 처방과 물성이 정리되어 있다. Table 2(L7~L12)는 탈크 함량에 따른

**Table 1. Recipes and Properties of Asphalt Sealant Compounds Containing Waste Edible Oil or Waste Lubricant Oil**

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
Asphalt(AP-5)	34.5	34.5	29.5	27	24.5	22
SBS (Kosyn <sup>®</sup> KTR-101P)	20	20	16	16	16	16
Petroleum resin (Sukorez <sup>®</sup> SU-120)	30	30	24	24	24	24
Talc (KCA-325)	-	-	20	20	20	20
Oils (Waste lubricant oil)	15 (Waste edible oil)	15	10	12.5	15	17.5
Antioxidant blend (Songnox <sup>®</sup> 21B)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sum	100	100	100	100	100	100
Cone penetration (0.1 mm) (25 °C, 150 g, 5 s)	106	96	74	88	102	115
Softening point(°C)	96	95	97	95	93	87
Ductility(cm)	68	76	61	58	60	54
Flow(mm) (60 °C, 5 hrs)	1	0	0	0	0	0
Tensile Adhesion- Elongation at 25 °C(%)	960	350	238	230	237	231
Resilience at 25 °C(%)	79	74	66	65	64	62

**Table 2. Recipes and Properties of Asphalt Sealant Compounds Containing the Waste Lubricant Oil and Different Contents of Talc**

	L7	L8	L9	L10	L11	L12
Asphalt(AP-5)	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5	29.5
SBS (Kosyn <sup>®</sup> KTR-101P)	18	18	18	18	18	18
Petroleum Resin (Sukorez <sup>®</sup> SU-120)	22	22	22	22	22	22
Talc (KCA-325)	0	5	10	15	20	25
Waste lubricant oil	10	10	10	10	10	10
Antioxidant (Songnox <sup>®</sup> 21B)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
SUM	80	85	90	95	100	105
Cone penetration (0.1 mm) (25 °C, 150 g, 5 s)	88	77	73	70	67	61
Softening point(°C)	96	100	101	102	103	108
Ductility(cm)	74	71	67	65	59	56
Flow(mm) (60 °C, 5 hrs)	0	0	0	0	0	0
Tensile Adhesion- Elongation at 25 °C(%)	287	275	244	246	210	206
Resilience at 25 °C(%)	51	54	53	52	58	59

아스팔트 실란트의 물성 변화를 알아보기 위한 것이고 Table 3은 석유수지 함량 감소에 따른 물성 변화를 각각 알아보기 위한 것이다.

### 3. 물성 시험

#### 3.1 콘 침입도(cone penetration)

본 연구에서 콘 침입도는 KS M 2252(역청재료의 침입도 시험 방법)의 방법에 따라 침입도 시험기(Penetrometer, 모델명 HJ5000, 흥진)를 이용 25 °C 상온, 하중 150 g에서 5초 동안 바늘의 관입량을 0.1 mm(=dmm) 단위로 측정하였다. 이는 아스팔트 실란트의 경도를 나타내는 것으로 이 시험 방법은 미국 재료학회의 단체 표준인 ASTM D 5329의 콘 침입도 시험 방법과 동일하다.

#### 3.2 연화점(softening point)

연화점 값은 실란트의 내열성 정도를 알아보기 위한 기준으로 국내 도로 포장용 아스팔트 품질 규정(KS M 2201 및 KS M 2208)에는 적용되지 않으나 아스콘 포장 및 포틀랜드 시멘트 콘크리트 포장의 크랙 보수용 아스팔트 실란트에 대한 표준인 ASTM D 5078(Table 4)에는 최소 65.5 °C로 규정되어 있

**Table 3. Recipes and Properties of Asphalt Sealant Compounds Containing the Waste Lubricant Oil and Different Contents of Petroleum Resin**

	L11	L13	L14	L15
Asphalt(AP-5)	29.5	40.5	46	51
SBS (Kosyn <sup>®</sup> KTR-101P)	18	18	18	18
Petroleum resin (Sukorez <sup>®</sup> SU-120)	22	11	5.5	0.5
Talc(KCA-325)	20	20	20	20
Waste lubricant oil	10	10	10	10
Antioxidant (Songnox <sup>®</sup> 21B)	0.5	0.5	0.5	0.5
SUM	100	100	100	100
Cone penetration (0.1 mm) (25 °C, 150 g, 5 s)	67	66	68	73
Softening Point(°C)	103	103	102	101
Ductility(cm)	59	53	57	61
Flow(mm) (60 °C, 5 hrs)	0	0	0	0
Tensile Adhesion- Elongation at 25 °C(%)	210	218	233	257
Resilience at 25 °C(%)	58	61	57	63

다. 시험은 배합 제조된 실란트를 뜨거운 상태에서 직접 연화점 시험 몰드에 붓고 공랭하여 시험편을 제조한 다음 KS M 2250(환구법)의 시험 방법에 따라 측정하였고 동일 시료에 대해 총 세 개의 시험편의 연화점을 구하여 평균값을 표시하였다.

#### 3.3 신도(ductility)

신도 시험은 KS M 2254(역청재료의 신도 시험방법)로 측정하였다. 배합 제조된 아스팔트 실란트를 뜨거운 상태에서 신도 몰드에 부어 냉각하여 굳힌 세 개의 시험편을 신도시험기(Ductility Testing Machine, Model DA-725, 동아시험기)를 이용하여 25 °C의 물속에서 5 cm/min의 속도로 인장하여 파단시의 늘어난 길이를 cm 단위로 측정하였다.

#### 3.4 흐름성(flow)

흐름성은 ASTM D 5329의 시험방법에 따라 주석판 위에 40 mm(1.57 inch)의 폭, 60 mm(2.36 inch)의 길이, 3.2 mm(0.125 inch)의 깊이를 갖는 공간을 만들고 바닥면을 제외한 안쪽 면 모두에 이형체를 바른 다음 뜨거운 아스팔트 실란트를 붓고 4시간 동안 상온에 방치하여 만들었다. 시료가 부착된 주석판은 냉각 후 바로 수평에서 75±1° 기울인 각도로 강제 환풍 건조기 안에 세운 다음 60 °C에서 5시간 동안 가열시킨 후 참조선에서 흘러내린 거리를 캘리퍼스로 mm 단위까지 측정하

**Table 4. An American Standard Specification for Hot-Applied Crack Filler**

Properties	ASTM D 5078-95
Title	Crack Filler, Hot-Applied, for Asphalt Concrete and Portland Cement Concrete Pavements
Safe Heating Temperature	20 °F(11 °C) higher than minimum application temperature
Softening Point(°C)	150 °F(65.5 °C), minimum
Cone Penetration (25 °C, 150 g, 5 s)	not exceed 70
Cone Penetration (4 °C, 200 g, 60 s)	15, minimum
Flow	-
Bond	-
Resilience	at 25 °C, 30 %, minimum

\* Test method : ASTM D 5329.

였다.

### 3.5 인장 접착(tensile adhesion or bond)

인장 접착시험은 ASTM D 5329의 인장 접착시험 방법 또는 KS 2368(콘크리트 포장용 신축이음 채움재 시험 방법)의 접착력 및 인장접착 시험방법을 약간 변경하여 시행하였다.<sup>17</sup> 시편은 두 개의 콘크리트 블록(50X75X100 mm)을 50X75 mm 면이 서로 마주보게 하여 25 mm(1 inch) 간격이 되도록 양쪽에 놓고 두 블록 사이에 이형지를 부착하여 빈 공간을 만든 다음 뜨거운 아스팔트 실란트 배합물을 부어 상온에서 24시간 이상 냉각하여 만들었다.

한 조성에서 각각 세 개의 시편을 만든 후 상온에서 적당한 지그를 이용하여 신도시험기(Ductility Testing Machine, Model DA-725, 동아시험기)에 고정된 다음 ASTM D 5329의 규정에 따라 12.7±2.54 mm/min(0.5±0.1 in./min) 속도로 시험편이 절단될 때까지 인장 시험을 수행하여 인장 신율(%)을 측정하였다. 각 조성에서의 인장 신율은 세 시험편의 측정값들을 평균하여 계산한 것이다.

### 3.6 원상회복률(resilience)

원상회복률 측정 시험은 ASTM D 5329의 시험방법에 따라 수행하였다. 먼저 주석 캔에 뜨거운 아스팔트 실란트 배합물을 부어 상온에서 24시간 이상 냉각하여 시편을 만들었다. 시편을 25±0.1 °C에 맞춰진 수조에 2시간 이상 침지한 다음 꺼내서 표면의 물기를 제거하고 탈크를 표면에 바른 다음 파잉의 탈크를 제거한다. 볼 관입 시험기(ball penetration tool)를 표면 위에 올리고 지시 다이얼을 0으로 맞춘 다음 5초 동안 관입시킨다. 관입량을 P로 기록하고 10초 동안 손으로 균일한 속도로 눌러 100 단위가 증가하도록 한다(이때 지시 다이얼은 P+100).

클러치(잠금장치)를 눌러 5초 동안 유지하면서 지시 다이얼을 0으로 조정한다. 클러치를 풀어 20초 동안 원상태로 회복시킨 다음 지시 다이얼을 읽어 F로 기록한다. 원상회복률 값(%)은 P+100-F로 계산되고 세 번의 측정값을 평균하여 계산하였다.

## III. 결과 및 고찰

본 실험의 목적은 폐윤활유를 연화제로 사용하여 아스콘 포장 도로의 크랙 보수용으로 가장 경제적인 아스팔트 실란트를 제조하는 것이다. 이러한 실란트를 개발하기 위해서는 저가의 재료를 많이 사용하면서도 ASTM 규격에 적합한 물성을 갖도록 하는 것이다. 아스팔트 실란트의 물성에 대한 ASTM 규격은 각종 포장도로의 균열 보수용 실란트에 대한 규격(ASTM D 5078)과 신축이음용 실란트(joint sealant)에 대한 규격 두 종류(ASTM D 1190 및 D 3405)가 있다.<sup>17</sup> 균열 보수용 아스팔트 실란트에 대한 ASTM D 5078을 Table 4에 정리하였다. 이 규격에서는 균열 보수용 아스팔트 실란트의 연화점이 65.5 °C 이상이고, 콘 침입도가 25 °C, 150 g, 5초의 조건에서 70을 넘지 않으며 4 °C, 200 g, 60초 조건에서는 최소 15 이상, 그리고 원상회복률이 최소 30% 이상일 것을 요구하고 있다. 국내 규격에는 KS F 2368(콘크리트 포장용 신축이음 채움재 시험 방법)이 있으나 이는 콘 관입시험, 흐름 시험, 접착력 시험, 원상회복 시험, 촉진 내후성 시험, 인장 접착시험 및 용해도 시험의 방법에 대해서만 설명되어 있다.

아스팔트, SBS, 점착제 및 산화방지제를 기본 성분으로 하고 먼저 폐식용유와 폐윤활유를 각각 첨가한 실란트를 제조하여 물성을 상호 비교하였다. Table 1에 주어진 대로 폐식용유를 사용한 것(L1)이 폐윤활유를 사용한 것(L2) 보다 인장 접착성이 3배 정도 높고 원상회복률도 약간 높았으나 신도 및 흐름성은 나쁜 것으로 나타났다. 연화점은 L1 배합물이 L2 보다 약 1 °C 높았으나 콘 침입도의 경우는 10 dmm나 높은 결과를 보였다. 일반적으로 실란트의 경우 연화점이 높을수록 침입도가 낮아지는 경향을 보이나 폐식용유를 사용한 경우가 폐윤활유를 사용한 경우보다 연화점은 약간 높으면서도 침입도는 상당히 큰 모순된 결과를 보였다. 앞선 연구 결과<sup>17</sup>에서도 폐식용유가 동일함량에서 DOP(dioctyl phthalate)에 비해 높은 연화점을 보여 내열성이 높음에도 침입도는 DOP 보다 약간 높은 값을 갖는 즉, 보다 연질인 것으로 보고되었다. 따라서, 연화제의 종류에 따라 실란트 물성이 상당히 다르게 영향을 받는 것으로 볼 수 있다. 이는 연화제 자체의 성질과 SBS의 분산에 미치는 연화제의 영향이 서로 다르게 나타나고 침입도는 실란트의 경도와 관련되어 있고 연화점은 내열성에 관련된 것에 따른 것으로 생각할 수 있다. 아스팔트 실란트의 여러 물성은 아스팔트와 SBS의 상용성에 연화제 및 석유수지가 미치는 영향에 따라 크게 달라질 것이다. 아스팔트와 SBS만으로 구성된 2성분계에서는 SBS가 아스팔트의 기름 성분인 말텐

(maltenes) 성분을 흡수하여 원래 중량의 6 내지 9배로 팽창하여 SBS-rich 상을 형성하고 두 번째 상은 아스팔텐(asphaltenes)-rich 상을 형성하는 것으로 보고되었다.<sup>2</sup> 또한, 아스팔텐과 SBS의 블렌드는 아스팔텐 및 SBS의 종류에 따라 약간의 차이를 보이거나 SBS 함량이 65%(부피분율) 함량일 때까지는 고온에서는 섞이고 저온에서는 상분리되는 상부임계온도(UCST)를 갖는 형태의 부분상용성을 보이는 것으로 보고되었다.<sup>22</sup> 최근의 형광 현미경(fluorescence microscopy) 연구에서는 SBS가 5%인 경우에는 두 개의 뒤튼린 연속상이 관찰되었고 6% 이상에서는 연속적인 SBS상에 분산된 아스팔텐상이 관찰되었으며 이 경우에는 혼합물의 물성이 SBS상에 의해 결정된다고 보고하였다.<sup>4</sup> 본 연구에서는 16 wt. % 이상의 높은 SBS 함량을 갖도록 혼합하였으므로 SBS상에 소량의 분산된 아스팔텐상으로 상분리됨을 예상할 수 있다. 올레핀계 고분자를 아스팔텐에 혼합하는 연구에서는 톨유 피치(tall oil pitch)를 분산제로 사용하여 연화점의 급격한 증가를 얻은 결과<sup>23</sup>와 페타이어의 열분해 오일 잔류물을 이용하여 페폴리에틸렌과 아스팔텐의 상용성을 증가시켜 저온물성을 개선시킨 결과<sup>24</sup>가 보고된 바 있다. 이 결과들에서 예측할 수 있는 것은 폐윤활유도 아스팔텐과 SBS의 상용성에 어떤 영향을 미친다는 것이기에 따라 제조된 아스팔텐 실란트의 물성 변화가 일어나며 변화 경향의 크기는 다른 연화제와 상호 비교하여 설명할 수 있을 것이다.

폐윤활유를 사용한 것(L2)은 폐식용유를 사용한 것(L1)과 거의 유사한 연화점을 보이거나 콘 침입도는 폐식용유보다 상당히 낮은 값을 부여하므로 콘 침입도가 70 이하로 규정한 ASTM 5078(Table 4)에 따른 아스팔텐 실란트 제조에는 다소 유리한 것으로 판단된다. 또한, 폐윤활유와 아스팔텐은 동일한 원유의 상업잔류물에서 제조되어 화학적으로 유사한 성분을 갖기 때문에 아스팔텐과의 상용성은 매우 우수할 것으로 생각된다. 본 처방연구에서는 16 wt. % 이상의 다량으로 첨가한 SBS와 아스팔텐 및 석유수지의 상용성에 연화제가 미치는 영향에 따라 아스팔텐 실란트의 물성이 크게 변할 것으로 예측할 수 있다. 또한, 폐식용유를 포함한 배합물(L1)은 흐름성이 1 mm로 여름철 소성변형에 취약할 것으로 보이거나 폐윤활유를 사용하는 경우는 모든 조성에서 흐름성(flow)이 0 mm로 내열성이 우수한 결과를 보였다.

연화제인 폐윤활유의 함량을 증가시키면서 아스팔텐 실란트의 물성변화를 측정 한 결과를 Table 1에 같이 정리하였다(L3-L6). 폐윤활유 함량이 증가할수록 콘 침입도는 크게 증가하였고 연화점은 상대적으로 약간 감소하였으며 신도의 경우는 감소하는 경향을 보였으나 인장 접착 신율은 오차범위 안에서 거의 일정하였다(Figure 1). 폐식용유의 경우에서도 그 함량이 증가함에 따라 연화점은 약간 감소하였고 콘 침입도는 크게 증가하였다.<sup>17</sup> 인장접착 신율이 거의 변하지 않은 것은 폐윤활유 함량이 증가함에 따라 실란트가 부드러워지면서 연

신은 쉽게 되었으나 접착 강도는 감소하여 두 효과가 서로 상쇄되었을 것으로 추론할 수 있다. 원상회복률은 오차범위 내에서 폐윤활유 함량이 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으며 모두 60% 이상의 큰 값을 보였다(Table 1 및 Figure 1).

콘 침입도를 ASTM 기준인 70 이하로 낮추기 위해서는 SBS의 함량 및 탈크의 함량을 증가시키는 방법과 연화제의 함량을 감소시키는 방법이 사용될 수 있다. 또한, 유기 필러로 페타이어 고무 분말을 첨가하는 방법<sup>3,7,8</sup>도 사용 가능하나 탐침이 고무 분말과 접촉할 경우 침입도를 크게 낮추어 실제 침입도와는 다른 결과를 보이며 실제 아스콘 포장의 균열 보수 작업이 180 °C 이상의 고온에서 10시간 이상 지속됨<sup>26</sup>에 따라 고무 분말 내의 황화합물이 아스팔텐 실란트로 빠져나와 가교가 일어날 수 있으므로 사용에 주의하여야 한다. 이 중에서 가장 경제적인 방법은 탈크의 함량을 증가시키는 방법이다. 중량제인 탈크의 함량이 증가됨에 따라 아스팔텐 실란트의 연화점 및 원상회복률은 약간 증가하면서 콘 침입도는 크게 감소하는 장점이 있는 반면에 신도 및 인장 접착 신율은 감소하는 단점이 있는 것으로 보고되었다.<sup>17,25</sup> Table 2 및 Figure 2에 탈크

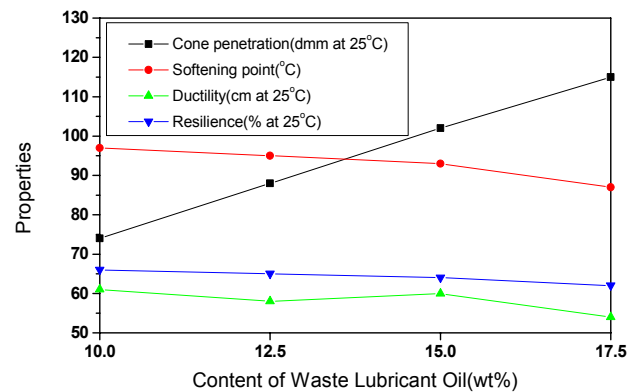


Figure 1. Properties of asphalt sealant compounds as a function of waste lubricant oil content.

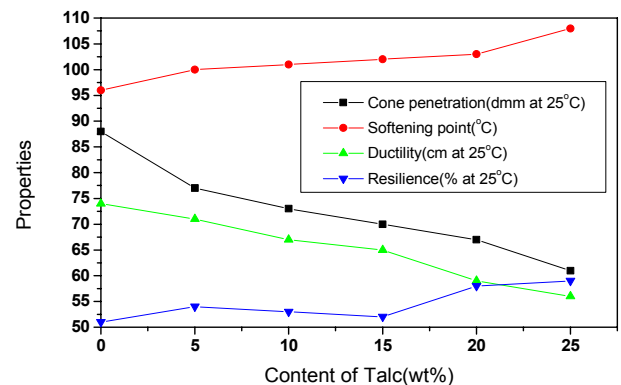
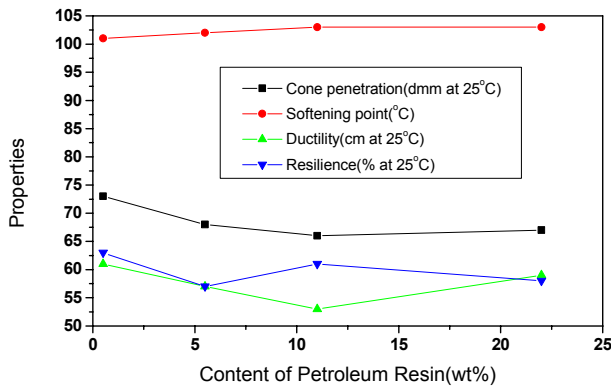


Figure 2. Properties of asphalt sealant compounds as a function of talc content.



**Figure 3.** Properties of asphalt sealant compounds as a function of petroleum resin content.

함량 증가에 따른 아스팔트 실란트의 물성변화를 나타내었는데 선행된 연구결과<sup>17,25</sup>와 동일하게 탈크 함량이 증가함에 따라 연화점은 상승하였고 콘 침입도, 신도 및 인장 접착신율은 감소하였다. 탈크를 15 wt. % 이상 첨가한 아스팔트 실란트들 (L10, L11 및 L12)에서 콘 침입도가 70 이하로 나타났고 연화점과 원상회복률도 모두 기준들을 만족하였다. 아스팔트 배합물 L11의 경우는 L3에 비해 SBS 함량이 2 wt. % 증가한 것에 주로 기인하여 콘 침입도가 74에서 67로 감소하였으며 연화점은 97 °C에서 103 °C로 증가하였다.

끝으로 아스팔트 실란트의 제조 비용을 줄이기 위하여 석유수지의 함량을 크게 줄여 실험한 결과를 Table 3에 나타내었다. 석유수지(Sukorez<sup>®</sup> SU-120, 코오롱유화)의 함량을 감소시킴에 따라 연화점은 약간 감소하였고 콘 침입도는 약간 증가하였다. 이는 석유수지인 SU-120의 연화점이 약 120 °C로 AP-5의 48 °C 보다 높기 때문으로 생각된다. 인장 접착신율은 오히려 점착제로 첨가한 석유수지의 함량이 감소할수록 증가하는 경향을 보였는데 이는 Table 3에 주어진 조성범위에서 아스팔트의 점착성이 석유수지 보다 약간 크게 작용을 하였기 때문으로 사료된다. 비교적 고가인 석유수지의 함량이 0.5 wt. %로 가장 낮은 조성을 갖는 L15의 경우 침입도가 73으로 나타나 탈크 함량을 5 wt. % 정도 더 첨가할 경우(총 25 wt. % 탈크 함량에서) 70이하로 낮출 수 있을 것이다. 또한, 앞에서 원상회복률은 탈크 함량이 증가함에 따라 약간 상승하는 결과를 얻었고 L15의 경우 원상회복률이 63%이므로 30 % 이상의 ASTM 기준은 충분히 만족시킬 수 있다. 따라서, L15 처방을 약간 변경함으로써 경제적이면서도 ASTM 5078의 기준을 만족하는 아스팔트 실란트의 제조가 가능함을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 아스팔트와 SBS를 기본 성분으로 하고 DCDP계 석유수지를 점착제로 적용한 아스팔트 실란트에 연

화제로 폐윤활유를 첨가하여 물성을 비교 실험하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 아스팔트 실란트의 연화제로 폐윤활유를 사용한 경우가 폐식용유를 사용한 것 보다 연화점은 약간 낮게 그리고 콘 침입도는 상당히 낮게 나타났다.

2) 폐윤활유의 함량이 증가함에 따라 아스팔트 실란트의 콘 침입도는 증가하였고 연화점, 신도 및 원상회복률은 감소하였으며 인장 접착 신율은 거의 동일하였다.

3) 폐윤활유를 포함하는 아스팔트 실란트에서 탈크의 함량이 증가할수록 연화점 및 원상회복률은 증가하였으나 콘 침입도, 신도 및 인장 접착신율은 감소하였다.

4) 경제적인 아스팔트 실란트를 제조하기 위하여 석유수지의 함량을 감소시켜 아스팔트 실란트를 제조하였다. 석유수지의 함량이 감소함에 따라 아스팔트 실란트의 콘 침입도 및 인장 접착신율은 증가하였으나 연화점은 약간 감소하였다. 본 연구의 조성범위에서 아스팔트가 DCDP계 석유수지 보다 점착성을 더 높이는 것으로 판단된다.

끝으로 탈크 충전제의 함량을 증가시켜 ASTM 5078 규격을 만족하면서도 가장 경제적인 균열 보수용 실란트를 제조할 수 있음을 제시하였다.

#### 참 고 문 헌

1. Y. Yildirim, "Polymer Modified Asphalt Binders", *Construction and Building Materials*, **21**, 66 (2007).
2. H. Ozen, A. Aksoy, S. Tayfir, and F. Celik, "Laboratory Performance Comparison of the Elastomer-Modified Asphalt Mixtures", *Building and Environment*, **43**, 1270 (2008).
3. C. Fang, T. Li, Z. Zhang, and X. Wang, "Combined Modification of Asphalt by Waste PE and Rubber", *Polymer Composites*, **29**, 1183 (2008).
4. B. Sengoz and G. Isikyakar, "Evaluation of the Properties and Microstructures of SBS and EVA Polymer Modified Bitumen", *Construction and Building Materials*, **22**, 1897 (2008).
5. G. Polacco, J. Stastna, D. Biondi, F. Antonelli, Z. Vlachovicova, and L. Zanzotto, "Rheology of Asphalts Modified with Glycidyl-methacrylate Functionalized Polymers", *J. Colloid Interf. Sci.*, **280**, 366 (2004).
6. G.D. Airey, "Styrene Butadiene Styrene Polymer Medication of Road Bitumens", *J. Mater. Sci.*, **99**, 951 (2004).
7. K-H. Chung and Y-K. Hong, "Scrap Tire/Aggregate Composite: Composition and Primary Characterization for Pavement Material", *Polymer Composites*, **23**, 852 (2002).
8. M.B. Ko and Y.K. Hong, "Improvement of Deformation Resistancy of Asphalt by Modification with Tire Rubber", *Elastomer*, **43**, 72 (2008).
9. Q. Wang, M. Liao, Y. Wang, and Y. Ren, "Characterization of End-Functionalized Styrene-Butadiene-Styrene Copolymers and Their Application in Modified Asphalt", *J. Appl. Polym. Sci.*, **103**, 8 (2007).

10. K-S. Kim and Y-K. Hong, "A Study on the Storage Stability of Waste Vinyl-Modified Asphalt", *Elastomer*, **43**, 191 (2008).
11. S. Hınıslıoglu and E. Agar, "Use of Waste High Density Polyethylene as Bitumen Modifier in Asphalt Concrete Mix", *Materials Letters*, **58**, 267 (2004).
12. R. Siddique, J. Khatib, and I. Kaur, "Use of Recycled Plastic in Concrete: A Review", *Waste Management*, **28**, 1835 (2008).
13. M. Garcia-Morales, P. Partal, F. J. Navarro, F. Martinez-Boza, C. Gallegos, N. Gonzalez, and M. E. Munoz, "Viscous Properties and Microstructure of Recycled EVA Modified Bitumen", *Fuel*, **83**, 31 (2004).
14. R.L. Cottingham, D.J. Thorpe, and E. Bickerstaff, "Method of Sealing Bridge Deck Joints", US Patent 4324504 (1982).
15. F.R. Davis, "Method of Modifying Asphalt with Thermoplastic Polymers, Ground Rubber and Composition Produced", US Patent 4485201 (1984).
16. Won-il Park, "Asphalt Sealant Containing the Waste Yogurt Bottle", Thesis, Kunsan National University, 2005.
17. S. Kim, "Asphalt Sealant Containing the Waste Edible Oil", *Elastomer*, **39**, 61 (2004).
18. S-S. Kim and J-K. Jeon, "Pyrolysis Characteristics of Waste Ship Lubricating Oil", *J. Korean. Ind. Eng. Chem.*, **15**, 564 (2004).
19. M.J. Fuentes, R. Font, M.F. Gomez-Rico, and I. Martin-Gullon, "Pyrolysis and Combustion of Waste Lubricant Oil from Diesel Cars: Decomposition and Pollutants", *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **79**, 215 (2007).
20. T. Bhaskar, M.A. Uddin, A. Muto, Y. Sakata, Y. Omura, K. Kimura, and Y. Kawakami, "Recycling of Waste Lubricant Oil into Chemical Feedstock or Fuel Oil over Supported Iron Oxide Catalysis", *Fuel*, **9** (2004).
21. R. Thavasi, S. Jayalakshmi, T. Balasubramanian, and I.M. Banat, "Biosurfactant Production by *Corynebacterium Kutscheri* from Waste Motor Lubricant Oil and Peanut Oil Cake", *Letters in Applied Microbiology*, **45**, 686 (2007).
22. R. Varma, H. Takeichi, J.E. Hall, Y.F. Ozawa, and T. Kyu, "Miscibility Studies on Blends of Kraton Block Copolymer and Asphalt", *Polymer*, **43**, 4667 (2002).
23. M. Korhonen and A. Kellomaki, "Miscibilities of Polymers in Bitumen and Tall Oil Pitch under Different Mixing Conditions", *Fuel*, **75**(15), 1727 (1996).
24. A.A. Yousefi, A. Ait-Kadi, and C. Roy, "Effect of Used-Tire-Derived Pyrolytic Oil Residue on the Properties of Polymer-Modified Asphalts", *Fuel*, **79**, 975 (2000).
25. Jehun Kim, "Performanc Improvement of Asphalt Sealant Using LDPE", Thesis, Kunsan National University, 2001.
26. J-F. Masson, P. Collins, and M. Lowery, "Temperature Control of Hot-Poured Sealants During the Sealing of Pavement Cracks", *Construction and Building Materials*, **19**, 423 (2005).