



## 자외선 경화제가 고분자개질아스팔트의 물성에 미치는 영향에 관한 연구

강현승 · 홍영근<sup>†</sup>

수원대학교 신소재공학과

접수일(2010년 5월 10일), 수정일(1차: 2010년 5월 31일, 2차: 6월 16일), 게재확정일(2010년 6월 24일)

### Effects of UV Initiator on Properties of Polymer-Modified Asphalt

Hyun-Seung Kang and Young-Keun Hong<sup>†</sup>

Department of Polymer Engineering, Suwon University, Suwon 445-743, Korea

(Received May 10, 2010, Revised May 31, 2010, June 16, Accepted June 24, 2010)

**요약** : 여름철 아스팔트의 표면 온도 상승으로 인한 도로의 소성변형과 겨울철 온도 강하로 인한 도로균열이 도로안전 운전을 위협하는 문제로 등장하면서 아스팔트 물성향상을 위한 아스팔트개질의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 아스팔트의 탄성과 소성변형저항성을 증가시키기 위해 아스팔트 물성 노화의 직접적 원인인 햇빛, 특히 자외선을 이용하기 위해, 고분자중합에 사용되는 광개시제를 사용하여 고분자로 개질된 아스팔트를 다시 개질하였다. 인장시험기와 레오미터를 이용하여 기계적 물성과 유변학적 물성을 실험한 결과 열가소성고분자개질아스팔트는 자외선에 의한 가교반응으로 인해 인장강도와 저장탄성률이 크게 증가하였으나 열경화성고분자개질아스팔트에는 영향을 끼치지 못하였다. 장시간 자외선조사 시험에서는 조사시간이 길어짐에 따라 그 물성이 증가되거나 유지되는 거동을 보임으로써 자외선이 아스팔트의 사용수명이 20년이 될 수 있는 효과를 나타내었다.

**ABSTRACT** : Paved roads are suffered from the permanent plastic deformation in hot summer and cracks in cold winter, which are detrimental to safe driving. This leads to necessity of modification of asphalt to resist those deformation. In this study, two kinds of modifiers were examined; organic polymers and a photoinitiator which is activated by ultraviolet ray. The mechanical and rheological properties of modified asphalts were examined using UTM and rheometer. Results showed that the properties were varied depending on the types of polymer and irradiation time. UV irradiation increased the tensile strength and storage modulus of thermoplastic polymer-modified asphalt, however UV was not effective on thermoset polymer. According to long term ultraviolet curing test, properties of the polymer/photoinitiator-modified asphalt did not decrease, but rather increase for 20 years. This indicates that the useful life of the asphalt could be extended by addition of photoinitiator.

**Keywords** : modified asphalt, polymer, photoinitiator, UV curing

## I. 서 론

아스팔트는 온도에 민감하여 고온에서는 쉽게 물러져 소성 변형의 원인이 되고 저온 또는 상온에서는 취성을 나타내 균열발생의 원인이 된다. 이에 대한 대책으로 고온에서 더 단단한 아스팔트 혼합물을 얻고 교통 하중과 관계없는 저온 균열의 발생을 최소화하기 위하여 저온 또는 상온에서 더 유연한 아스팔트 혼합물을 얻는 것이 중요하며, 이에 따라, 온도에 취약한 기존의 순수아스팔트를 대체할 수 있는 새로운 아스팔트, 즉 개질아스팔트가 절실히 요구되고 있다.<sup>1</sup>

순수아스팔트를 개질하는 데에는 개질제(modifier)를 사용한다. 개질제의 가장 주요한 역할은 높은 주변온도에서 아스

팔트에 소성변형(permanent deformation)이 일어나는 것을 막아주는 것이다. 이는 두가지 방법으로 이루어질 수 있다. 첫째는 아스팔트를 단단하게(stiffen)하여 아스팔트의 점탄성 반응을 늦추는 것이고, 둘째는 아스팔트의 탄성요소를 증가시켜 점성 요소를 감소시키는 것이다. 아스팔트의 탄성 요소가 증가하면 아스팔트의 유연성이 향상된다.<sup>1</sup>

위의 목적으로 사용되는 개질제는 크게 2가지로 나뉜다; 고분자 그리고 화학개질제이다. 고분자 개질제로는 고무와 플라스틱이 포함된다. 고분자를 첨가하면, 아스팔트 분자구조에 영향을 미치게 되고, 아스팔트의 유변학적 물성을 변화시키게 된다.<sup>2</sup> 고무류가 가장 광범위하게 사용되고 있다. 이는 고무류와 아스팔트가 interpenetrating network을 형성하고 있기 때문이다.<sup>3</sup>

고무 재료의 아스팔트 개질제는 라텍스제품의 SBR(sty-

<sup>†</sup> 대표저자 E-mail: ykhong@suwon.ac.kr

ene-butadiene rubber), 합성고무 제품의 SBS(styrene-butadiene block copolymer), 그리고 페타이어를 잘게 부순 페타이어 고무 분말(crumb rubber) 등이 여기에 속한다.<sup>4,5</sup> 이러한 고무 재료 아스팔트 개질제는 아스팔트의 점도를 증가시켜 골재와의 접착력이 증대되고, 아스팔트 혼합물의 고온에서 저온까지의 공용온도에서 강성을 증대시키는 역할을 한다. 이에 따라 아스팔트 포장에서 발생하는 소성 변형과 온도 균열을 방지하는데 큰 효과를 나타내고 있다. 특히 페타이어고무분말 활용 시에는 폐기물 재활용 측면도 있지만 페타이어분말 내에 존재하는 카본블랙이 아스팔트의 산화를 방지하는 효과가 있어 결국 아스팔트 포장의 노화를 방지하는 효과도 있다.<sup>6</sup>

일반적으로 플라스틱 재료의 아스팔트 개질제를 사용하면, 아스팔트 혼합물의 강성을 증대시켜 포장의 소성변형 저항성이 향상되며, 아스팔트 온도 감온성을 저하시켜 포장의 온도 균열에 대한 저항성이 증대되는 것으로 알려져 있다. 폐비닐(LDPE)의 경우 아스팔트와 결합하지 않고 아스팔트 내에 작은 입자로 분산된다. 따라서 특별한 처리가 없이 사용 시에 개질아스팔트가 불안정하여, 고온에서 상분리가 일어날 수 있기 때문에 혼합하자마자 바로 혼합물에 사용하거나, 아니면 안정제(stabilizer)를 첨가하여 사용하기도 한다.<sup>7</sup>

본 연구에서는 polyurethane(PU)과 ethylene-propylene-diene monomer rubber(EPDM) 폐기 유기고분자를 사용하여 순수아스팔트를 1차 개질하고, 그 후 아스팔트 포장도로에서 소성변형의 직접적인 원인이 되는 햇빛의 자외선을 오히려 아스팔트 물성향상에 이용해 보고자 불포화저분자(예, 아크릴레이트) 중합에 사용되는 광개시제를 첨가하고 자외선조사시켜 아스팔트를 2차 개질하여 2차 개질된 아스팔트의 기계적 물성과 소성변형성을 1차 개질아스팔트의 물성과 비교하여 고분자개질아스팔트에서의 광개시제의 효과를 알아보았다.

## II. 실험

### 1. 재료 및 시약

순수아스팔트로는 우리나라에서 가장 널리 사용되는 AP-5(침입도 60~70, SK정유)를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 1차 개질제로는 열가소성 고분자인 PU와 열경화성 고분자인 EPDM을 폐기물 상태로 공급받아 사용하였다. 2차 개질제인 자외선 광개시제 benzophenone(BP)은 삼전화학에서 구입하여 사용하였다.

### 2. 개질 아스팔트의 제조 및 자외선경화

아스팔트는 160 °C의 오븐에서 용융상태로 만들어 사용하였고, 아스팔트의 양은 실험 조건상 200 g으로 고정하였다. 데워진 아스팔트를 200 °C의 금속통에 넣고, 1차 개질제를 1~

9%를 첨가한 후 Homo-mixer(5000 rpm)로 1시간 동안 교반하였다. 2차 개질은 2차 개질제인 BP를 0.5~3%를 첨가하고 1차 개질과 동일한 교반속도와 시간, 온도에서 행하였다. 자외선경화기(제일 UV사)에서는 수은 전구를 사용하였고 제원은 전구용량(W) 1000, 파장은 300~450 nm이며 조사량은 18 mW/cm<sup>2</sup>이다. 자외선조사 시간은 30~90 초 간격으로 조절하여 자외선경화를 실행하였다.

### 3. 시편 제조 및 기계적 거동 관찰

뜨거운 상태의 개질된 아스팔트를 실리콘 고무틀에 부어 시편을 제작하고 이를 사용 시까지 냉온(-10 °C) 보관하였다. 인장강도의 측정은 만능재료시험기(UTM, Daekyung Co.)를 사용하였으며, 냉각기를 사용하여 -10 °C로 고정하였다. 이는 상온에서는 아스팔트가 너무 늘어나 인장실험이 어려웠고, 여러 번의 실험 결과 -10 °C 상태가 본 실험에 가장 적합하였다. 인장속도는 상대적으로 저속인 10 mm/min으로 시험하였으며, 시료장악(grip)거리는 7 cm로 고정하였다.

### 4. 유변물성의 분석

아스팔트의 유변학적 특성을 파악하기 위하여 동적 전단 유변 물성 측정기, MCR300(Physica Co.)을 이용하여 아스팔트의 전단속도에 따른 점도특성을 측정하였다. 시험 방법은 25 mm 평형판 동적전단 방법을 이용하였고, 시료의 크기는 지름 25 mm, 두께 1 mm의 원형 아스팔트를 사용하여야 하기 때문에, 두께를 맞추기 위하여 고정 플레이트에 직접 아스팔트를 쏟아 붓는 방법을 이용하였다. 실험온도(약 25 °C)에서의 시료의 주파수 변화에 의한 저장탄성률(G')을 측정하기 위하여 0.1 rad/sec(0.0159 Hz)에서 100 rad/sec까지 측정하였다. 아스팔트의 소성변형의 저항성 척도인 점탄성응력( $G^*/\sin \delta$ )은 온도변화(25~175 °C)에서 측정하였으며, 이때 angular frequency는 10 rad/sec로 고정하였고, 온도는 5 °C/min의 속도로 진행시켰다.

### 5. 장시간 자외선경화

본 실험은 실제적으로 개질아스팔트가 시공 되었을 시 장시간 동안 아스팔트가 태양 빛에 의해 그 물성이 증가하거나 유지될 수 있는 지를 확인하기 위하여 실험하였다. 실제 우리나라에 1년동안 조사되는 자외선량은 대략 106.9 mW/m<sup>2</sup>(sec<sup>-1</sup>) 이고,<sup>8</sup> 시편이 자외선조사기 내부에서 받는 조사량은 18 mW/cm<sup>2</sup>(sec<sup>-1</sup>)이다. 시편이 야외에서 하루에 12시간 햇빛에 쬐인다고 가정하면, 조사기에서의 30초 조사는 야외에서의 하루와 동등하다. 이를 연수로 계산하여, 각각 1년에서 20년까지 자외선조사시켰다.

**Table 1. Tensile Properties of Primary Modified Asphalts(at -10 °C)**

Sample	Tensile strength (MPa)	Work-done (N-mm)	Modulus (MPa)
AP	0.390	43.24	40.3
AP+PU1	0.427	58.18	49.3
AP+PU3	0.532	65.02	62.3
AP+PU5	0.598	69.20	63.9
AP+PU7	0.580	70.62	64.7
AP+PU9	0.740	72.44	65.8
AP+EPDM1	0.415	52.14	50.1
AP+EPDM3	0.430	57.00	55.2
AP+EPDM5	0.504	61.02	60.8
AP+EPDM7	0.393	32.94	56.9
AP+EPDM9	0.390	29.88	56.0

**Table 2. Tensile Properties of Secondary Modified Asphalts with PU(at -10 °C)**

Sample	Tensile strength (MPa)	Work-done (N-mm)	Modulus (MPa)
AP	0.390	43.24	40.3
AP+BP3(90s)	0.582	49.11	60.1
AP+PU3	0.532	65.02	62.3
AP+PU3+BP0.5(30s)	0.601	60.91	68.3
AP+PU3+BP0.5(60s)	0.612	61.34	70.1
AP+PU3+BP0.5(90s)	0.670	62.96	72.3
AP+PU3+BP1(30s)	0.630	64.73	70.9
AP+PU3+BP1(60s)	0.640	62.38	71.1
AP+PU3+BP1(90s)	0.541	59.05	67.5
AP+PU3+BP3(30s)	0.643	63.50	68.7
AP+PU3+BP3(60s)	0.636	62.30	67.5
AP+PU3+BP3(90s)	0.595	60.94	64.2

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 기계적 성질

##### 1.1 1차 개질제에 의한 영향

Table 1은 고분자개질아스팔트의 인장강도, 일의 양, 탄성률을 나타낸 것으로 스트레이트(순수) 아스팔트에 1차 개질제(고분자) PU를 첨가할수록 기계적 물성이 모두 증가하였다. 특히 인장강도는 100 % 가까이 증가하였다. PU의 본래의 강인성이 아스팔트에 그대로 투영되었다.

그러나 EPDM은 7%에서부터 기계적 성질이 감소하였다. 이는 PU는 아스팔트 내에서 용해되어 망상구조를 이루나<sup>9</sup> EPDM은 이미 경화되어 열에 용해되지 않고 충전재로 작용하여 7%이상에서는 아스팔트에 섞이지 않고 자기들끼리 국소적으로 모여 있어 기계적 성질을 떨어뜨리는 것으로 사료된다.

##### 1.2 2차 개질제에 의한 영향

2차 개질제(BP)의 함량과 배합에 따른 고분자개질아스팔트의 기계적 물성을 Table 2, 3에 나타내었다. PU에서는 대체로 BP의 함량과 자외선조사시간에 따라 강도(인장강도)와 탄성(모듈러스)이 증가하였다. 강도와 탄성이 증가한 것만큼은 아니나 인성(일의 양) 또한 증가하였다. 이는 열가소성수지인 PU로 아스팔트를 1차 개질하고 BP를 첨가하였을 시 UV 경화에 의하여 아스팔트와 1차 개질제(고분자) 양쪽 각각에서 가교가 일어나 물성이 증가한 것으로 보인다. 특히 BP 0.5%에서는 조사시간(경화시간)이 길어질수록 인장강도와 모듈러스가 크게 증가하였다. 이는 아스팔트 도로포장 시 장시간이 지났을 때 초기보다 시간이 가며 오히려 물성이 증가되어 소성변

**Table 3. Tensile Properties of Secondary Modified Asphalts with EPDM(at -10 °C)**

Sample	Tensile strength (MPa)	Work-done (N-mm)	Modulus (MPa)
AP	0.390	43.24	40.3
AP+BP3(90s)	0.582	49.11	60.1
AP+EPDM3	0.430	57.00	55.2
AP+EPDM3+BP0.5(30s)	0.480	62.59	60.7
AP+EPDM3+BP0.5(60s)	0.450	61.23	58.3
AP+EPDM3+BP0.5(90s)	0.432	60.84	55.9
AP+EPDM3+BP1(30s)	0.490	63.58	61.5
AP+EPDM3+BP1(60s)	0.456	63.02	55.9
AP+EPDM3+BP1(90s)	0.455	62.67	55.0
AP+EPDM3+BP3(30s)	0.391	65.37	48.3
AP+EPDM3+BP3(60s)	0.380	64.68	47.1
AP+EPDM3+BP3(90s)	0.370	62.86	47.0

형이 줄어드는 효과를 기대할 수 있다. 그러나 BP함량이 0.5%보다 높을 경우에는 시간이 지남에 따라 물질에 과다 가교시켜 아스팔트가 취하(brittle)됨을 알 수 있다.

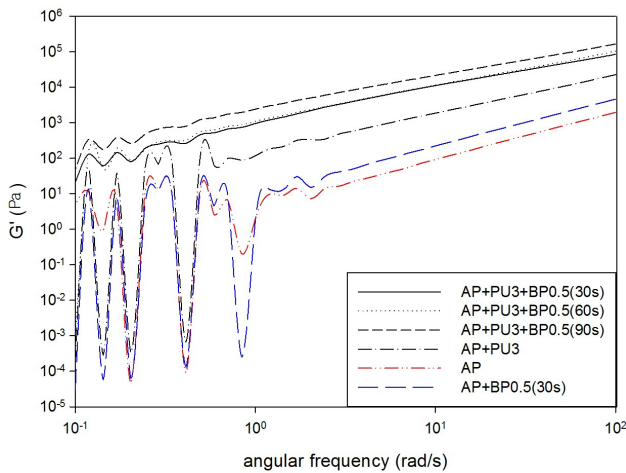
일반적으로 물질을 빛을 쬐이면 그 물질의 물성은 감소한다. 왜냐하면 물질을 이루는 분자의 절단(scission)이 일어나기 때문이다. 이는 특히 탄화수소화합물에서 크게 나타난다.<sup>10</sup> 아스팔트는 90~95%가 여러 형태의 탄화수소화합물로 이루어져 있음에도 불구하고 적당한 양의 BP에 의해 이들 분자들이 반응하여 서로 화학적 잡아당김(attraction)을 야기하게 되고 이에 따라 아스팔트가 단단(stiff)하여졌다고 사료된다. 이는

광개시제로 첨가된 BP가 자외선에 의하여 벤조일 라디칼로 분해되고 이 개시제 라디칼들이 아스팔트 내에서 아스팔트분자간 가교반응을 유도하여 가교체를 형성하였기 때문인 것으로 사료된다.<sup>11</sup> 이는 BP가 주로 아크릴 등의 저분자를 연결(불포화탄소에 라디칼을 형성시켜 중합)하는 데에 사용되고 있는데, 라디칼중합이 아닌 다른 방법으로 아스팔트 분자들을 연결시키는 데에도 사용이 가능함을 보여준다.

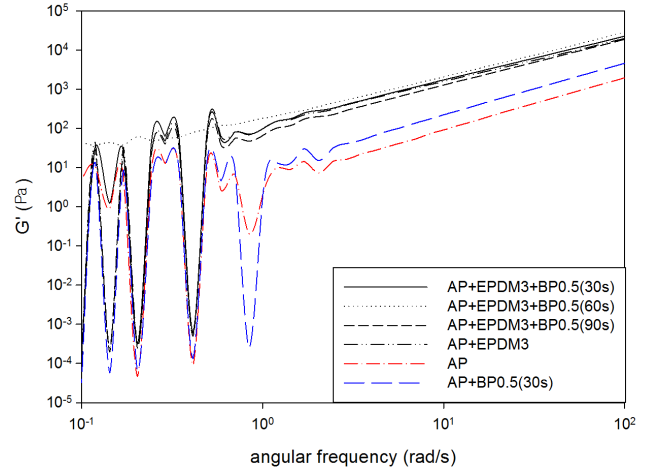
EPDM에서는 기계적 성질의 차이가 별로 없었는데 이는 개질제가 이미 경화되어 고분자사슬이 고정되어 사슬 움직임이 방해 받아 새로운 결합을 만들어 낼 수 없기 때문이다. 따라서 BP에 의한 가교가 아스팔트에만 일어나고 고분자 EPDM에서는 일어나지 않아 물성에 차이가 없는 것으로 사료된다. 전체적으로 BP의 함량이 많아질수록 인장강도와 모듈러스가 감소하는 경향이 있었다.

2. 유변학적 특성

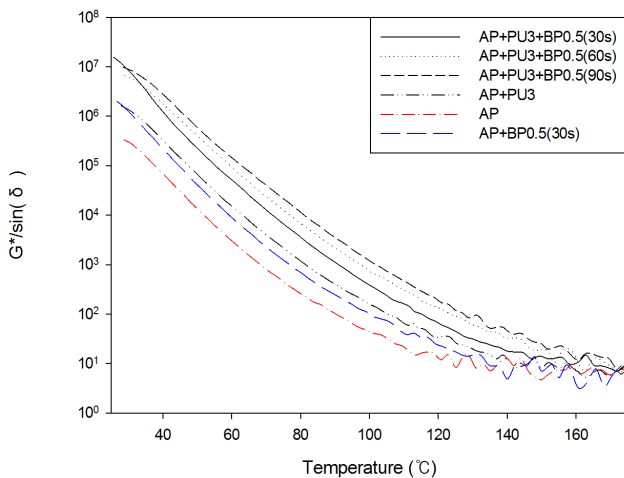
1차와 2차 개질아스팔트의 유변학적 물성은 다양한 형태로 나타났는데 이를 Figure 1, 2에 나타내었다. PU의 경우 BP가 첨가되고 조사시간이 길어질수록 저장탄성률과 점탄성응력이 현저히 증가하는 양상을 확인할 수 있었다. 이는 BP에 의해 아스팔트와 고분자에 화학적 가교반응이 일어나, 위의 기계적 성질 향상처럼, 물리적 성질(저장탄성률)과 열적 성질(점탄성응력)이 향상된 것으로 보인다. 그러나 EPDM에서는 PU와 다른 경향을 나타내었다.(Figure 2) 저장탄성률과 점탄성응력 모두에서 BP의 효과는 아스팔트 자체에는 효과를 나타내었으나 EPDM이 이미 첨가된 고분자개질아스팔트에서는 BP의 효과는 거의 보이지 않았다. 이는 다시 EPDM은 이미 경화된 수지임을 말해준다.



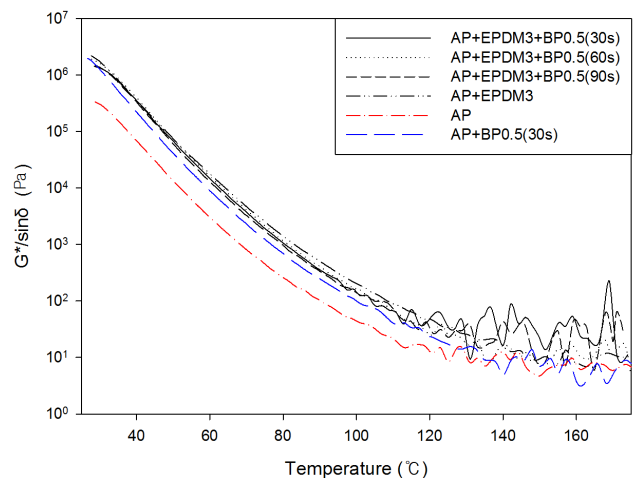
(a)



(a)



(b)



(b)

Figure 1. G'(a), G\*/sin δ(b) of secondary modified asphalts with PU.

Figure 2. G'(a), G\*/sin δ(b) of secondary modified asphalts with EPDM.

**Table 4. Temperatures Corresponding to  $10^3\text{Pa}$  of  $G^*/\sin \delta$  of Asphalts**

Asphalt	Temp of $G^*/\sin \delta$	
	Polyurethane	EPDM
pure asphalt	68	68
asphalt+BP0.5(30s)	77	77
asphalt+polymer3	83	83
asphalt+polymer3+BP0.5(30s)	92	82
asphalt+polymer3+BP0.5(60s)	98	82
asphalt+polymer3+BP0.5(90s)	103	81

미국의 전략적 도로 연구사업(strategic highway research program, SHRP)에서는 점탄성응력( $G^*/\sin \delta$ )을 가지고 소성변형(또는 영구변형)에 저항할 수 있는 아스팔트의 등급 체계를 마련하였다.<sup>12</sup> 이 기준에서는  $G^*/\sin \delta$ 의 값  $10^3\text{Pa}$ 에 대한 온도를 소성변형에 저항하는 최소온도로 규정하고 있다. PU개질 아스팔트의 경우 BP를 첨가함으로써 소성변형온도가 크게 증가하였다. 2차 개질아스팔트들의  $G^*/\sin \delta$  수치가 포장등급에서 가장 높은 PG82 등급에 해당하고 있다. 그러나 EPDM에서는 BP가 소성변형온도에 아무런 영향을 못 끼치고 있다.(Table 4)

**3. 장시간 UV경화 시험**

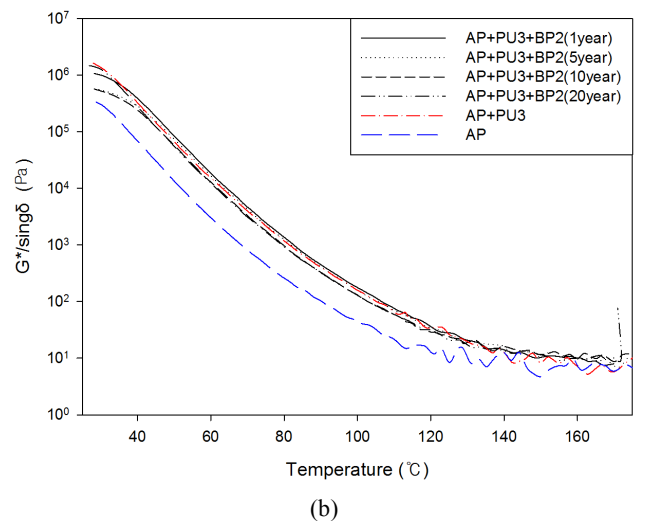
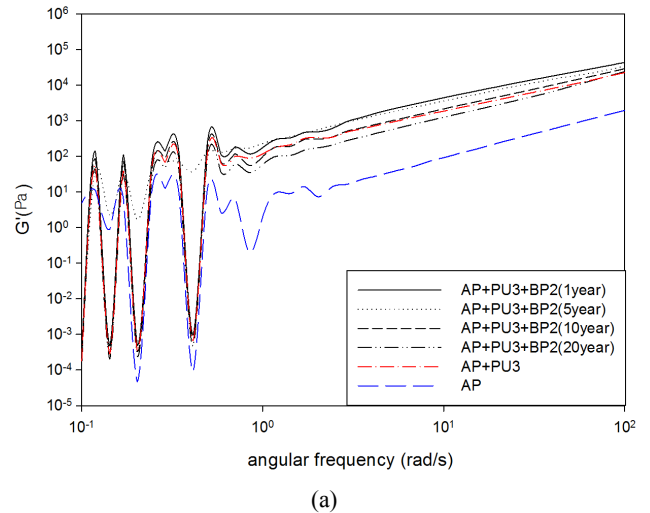
본 실험에서는 개질된 아스팔트로 도로포장했을 시의 포장의 수명을 예측해 보고자, 지금까지의 짧은 조사시간이 아닌, 야외에서와 동등하게 긴 시간으로 자외선조사시켰다. Table 5는 장시간 UV조사시간에 따른 기계적 성질의 변화를 나타낸 것인데, 장시간 UV 경화를 하였을 시 1년째에는 인장강도가 증가되다가 5년째부터 약간씩 감소하는 경향을 보였다. 하지만 1차 개질아스팔트 보다는 강도가 증가되었으며, 10년째까지 그 물성을 유지하였다. 20년째에서는 1차 개질아스팔트보다 강도가 떨어지는 거동이 있었으나 스트레이트 아스팔트보다는 월등히 높게 나왔다. 이러한 경향은 다른 물성에서도 비

**Table 5. Effect of Long Cure Time on Tensile Properties of PU Modified Asphalt (test at  $-10^\circ\text{C}$ )**

Sample	Tensile strength (MPa)	Work-done (N-mm)	Modulus (MPa)
AP	0.390	43.24	40.3
AP+PU3	0.532	65.02	62.3
AP+PU3+BP2(1year)	0.638	67.11	70.8
AP+PU3+BP2(5year)	0.624	66.08	70.4
AP+PU3+BP2(10year)	0.589	62.59	67.5
AP+PU3+BP2(20year)	0.514	59.88	63.9

슷하게 나타났다. 보통 자외선경화에 있어서 광개시제의 투입 양이나, 자외선조사양에 따라 기계적 성질, 특히 인장강도가 초기에 증가하였다가 최대점을 지나면서 떨어진다.<sup>13</sup> 그러면서 그 물질은 부서지기 쉽게 된다. 이는 자외선조사에 따른 사슬의 절단에 기인한다.<sup>10</sup> PU/BP개질아스팔트의 경우에서, 적어도 10년째까지는 가교결합이 적당히 형성된 것으로 보인다.

장시간 UV경화시간에 따른 저장탄성률과 점탄성응력을 Figure 3에 나타내었다. 먼저 저장탄성률은, 기계적 성질에서 처럼, 1년짜리가 가장 크고 5년짜리와 10년짜리도 1차개질아스팔트보다는 크게 나타났지만 20년짜리는 1차개질아스팔트보다는 작게 나타났다. 그러나 여전히 BP 개질이 되면 순수아스팔트보다는 월등히 높게 나왔다. 그 이유는 BP가 첨가됨에 따라 자외선에 의한 가교반응이 일어나 탄성적인 부분이 증가되어 그 물성이 향상되었다<sup>11</sup>고 사료된다.



**Figure 3. Effect of long cure time on  $G'$ (a),  $G''/\sin \delta$ (b) of PU modified asphalt.**

**Table 6. Plastic Deformation Temperatures of Asphalts**

Asphalt	Temp of $G^*/\sin \delta$
pure asphalt	68
asphalt+PU3	83
asphalt+PU3+BP2(1 y)	85
asphalt+PU3+BP2(5 y)	84
asphalt+PU3+BP2(10 y)	82
asphalt+PU3+BP2(20 y)	82

점탄성응력에서도 비슷한 경향이 나타났다. 역시 1년짜리가 가장 높게 나타났고 5년짜리와 10년짜리가 그 다음이고 20년짜리는 1차개질아스팔트보다는 작게 나타났지만 여전히 모두 순수아스팔트보다는 월등히 높게 나타났다. 그 이유는 BP가 첨가됨에 따라 자외선에 의한 가교반응이 일어나 탄성적인 부분이 증가되어 그 물성이 향상되었다<sup>11</sup>고 사료된다. Figure 3에서 소성변형온도를 구하면 Table 6를 얻을 수 있다. 20년이 지나도록 소성변형온도가 크게 내려가지 않았다. 이는 아스팔트의 수명(소성변형온도저하에 따른)이 보통 7년이라고 알려져 있는데<sup>1</sup> BP를 첨가하여 개질시켰을 때 적어도 20년 동안은 초기의 소성변형온도가 거의 그대로 유지될 수 있음을, 따라서 PU/BP개질아스팔트의 수명은 20년이 될 수 있음을 의미한다.

#### IV. 결 론

아스팔트는 시간이 지나면서 공기 중의 산소에 의한 산화, 햇빛(특히 자외선)에 의한 분자절단, 그리고 아스팔트 내 짧은 사슬인 오일류의 증발에 따른 건조화 등에 의해 노화되어 물성이 감소한다. 이는 아스팔트의 균열발생과 소성변형을 야기시키고, 결국 아스팔트의 수명을 급격히 단축시킨다.

본 연구에서는 아스팔트에 폐기물 유기고분자와 자외선개시제를 첨가함으로써, 자외선경화제는 열가소성 고분자에만 효과가 있고, 이에 자외선개시제는 아스팔트 내에 가교결합을 형성시켜 아스팔트는 더욱 강인하여지고 고온소성변형과 저온취성균열이 방지되어 장시간 우수한 물성을 유지할 수 있는 개질아스팔트를 제조하였다.

#### 감사의 글

본 논문은 신양문화재단의 지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. J. Read and D. Whiteoak, "The Shell Bitumen Handbook", Shell Bitumen, 2003.
2. M.B. Ko and Y.K. Hong, "Improvement of Deformation Resistance of Asphalt by Modification with Tire Rubber", *Elastomer*, **43**, 72 (2008).
3. U.L.F. Isacsson and L.U. Xiaohu, "Characterization of Bitumens Modified with SEBS, EVA and EBA Polymers", *J. Mater. Sci.*, **34**, 3737 (1999).
4. D.N. Little, J.W. Button, and R.M. White, Investigation of Asphalt Additives, FHWA/RD-87-001, Texas Transportation Institute (1986).
5. M.A. Caltabiano, "Reflection Cracking in Asphalt Overlays" Thesis, University of Nottingham (1990).
6. T.S. Shuler and R.D. Pavlovich, Characterization of polymer modified binders, New Mexico State Highway Department, Report 52001 (1987).
7. K.S. Kim and Y.K. Hong, "A Study on the Storage Stability of Waste Vinyl-Modified Asphalt", *Elastomer*, **43**, 191 (2008).
8. 조희구, 이방용, 이준석, 박선옥, "한국전역의 자외선복사 계절기후", *한국기상학회지*, **37**, 525 (2001).
9. U.L.F. Isacsson and L.U. Xiaohu, "Characterization of bitumens modified with SEBS, EVA and EBA polymers", *J. Mater. Sci.*, **34**, 3737 (1999).
10. K.J. Saunders, "Organic Polymer Chemistry", Chapman & Hall, London, 1988.
11. G. Polacco, J. Stastna, and P. Michalica, "Memory Functions in Polymer Modified Asphalts", *J. Appl. Polym. Sci.*, **104**, 2330 (2007).
12. Asphalt Institute, "Superpave Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing", AI, 1997.
13. M.A. Ali, M. Khan, and K.M.I. Ali, "Relationship between Mechanical Properties and Glass Transition Temperature of UV Cured Polymer", *Polym. Plast. Technol. & Eng.*, **37**, 175 (1998).