

자외선을 활용한 저탄소 아스팔트 물성 평가를 위한 기초 연구

A Study of Evaluation of Low CO₂ Asphalt properties with Ultraviolet Light

이재준* · 양성린** · 권수안***
Lee, Jae-Jun · Yang, Sung-Lin, Kwon, Soo-Ahn

1. 서론

전 세계적인 지구온난화와 이상기온 현상 등으로 인한 환경문제에 대한 관심이 고조되면서 지구 온난화 주범인 이산화 탄소 발생을 억제시키고자 하는 노력이 가속화 되고 있다. 아스팔트 콘크리트 산업에서는 일반 가열 아스팔트에서 발생하는 이산화 탄소 및 다른 유해가스를 줄이기 위한 방안으로 저탄소 아스팔트 콘크리트 혼합물이 새롭게 각광을 받고 있다. 아스팔트 포장 포설 작업자의 건강과 안전, 그리고 환경문제를 고려한 저탄소 아스팔트 포장 기술은 일반 가열 아스팔트의 물질적인 특성과 성능적인 특징을 지니고 있다. 그러나, 도로 포장 현장 작업자들과 환경에는 더욱 친근함을 느끼게 하는 기술이다.

저탄소 아스팔트 기술 사용은 특히, 환경적인 측면에서 많은 이점을 가지고 있다. 낮은 믹싱온도와 다짐 온도는 열에 의한 바인더 에이징(Aging), 포장 장비로부터 발생하는 냄새와 연기 감소 등의 환경 보호에 많은 이점을 나타내고 있다. 현재 국내에서도 도로 포장에 사용하고 있는 가열아스팔트 혼합물은 고온에서 혼합물이 생산되고 시공이 이루어지므로 높은 에너지 효율을 필요로 하며 이산화탄소와 같은 유해가스를 대기에 방출시킨다. 이러한 가열 아스팔트 문제점을 개선하기 위한 저탄소 아스팔트 기술이 국내에서 개발되어, 현재 재료 및 시공방법에 대한 연구가 진행 되고 있다. 본 연구에서는 국내에서 개발된 저탄소 아스팔트 첨가제를 사용한 저탄소 아스팔트의 장기 공용성을 평가하기 위한 기초 연구로 햇빛(가시선+자외선)에 의한 저탄소 아스팔트 첨가제가 혼합된 바인더의 유동학적 변화와 저탄소 아스팔트 혼합물의 역학적 거동을 알아 보았다. 야외에서 받을 수 있는 자외선 조사량을 계산하여 해당하는 자외선 양을 계산하여 해당되는 연수만 큼 자외선 경화기를 이용하여 저탄소 아스팔트 바인더에 인위적으로 자외선을 쬐인 후 유변물성 특성을 파악하기 위하여 동적 전단 유변 물성 측정기(DSR)를 이용하여 아스팔트 전단속도에 따른 점도특성을 자외선 경화 시간과 단기노화(RTFO)에 따라 측정하였다. 산화 전후 점탄성응력($G^*/\sin\delta$)이 변함을 알 수 있었다.

2. 재료 및 실험방법

2.1 중은 첨가제

본 연구에서 사용된 개질형 저탄소 첨가제는 폴리에틸렌계 왁스로서 아스팔트의 유동성을 향상시킴과 동시에 아스팔트 혼합물의 제조 온도 및 다짐 온도를 감소시키면서도 고온에서 발생하는 소성변형에 대한 저항성을 향상시킴과 동시에 아스팔트 혼합물의 저온 특성 저하현상을 억제할 수 있는 개질 첨가제이다.

2.2 아스팔트 바인더

* 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원 · 공학박사(E-mail : yijaejun@kict.re.kr) - 발표자
** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구원 · 공학석사(E-mail : siyang@kict.re.kr)
*** 정회원 · 한국건설기술연구원 책임연구원 · 공학박사(E-mail : sakwon@kict.re.kr)

아스팔트의 분류는 침입도, 연화점 및 점도를 기준으로 하고 있으며, 국내에서는 KS M 2201(침입도 분류에 의한 도로포장용 아스팔트) 및 KS M 2208(점도 분류에 의한 도로포장용 아스팔트)에 따라 아스팔트를 분류하고 있다. 본 연구에서 사용된 기준 아스팔트 바인더(Control Binder)는 국내 S사에서 생산되는 일반 아스팔트 바인더(AP-5)로서 침입도 기준 70~80 등급 및 PG 등급 58-16을 가지는 포장용 아스팔트를 사용하였다.

2.3 열분석

저탄소 아스팔트 첨가제에 따른 가교와 열적 특성을 확인하기 위하여 열분석을 하였다. 저탄소 아스팔트 첨가제가 사용된 아스팔트 바인더의 열분해온도 (decomposition temperature, Td)는 NETZSCH 사의 Thermogravimetric Analyzer(TGA, mode STA 409)를 사용하여 25~600°C 구간에서 승온 속도는 10°C/min으로 TGA heat flow 통하여 Tg(glass transition temperature) 값을 구하여 비교하였다. 실험 중 산화를 막기 위하여 고순도의 질소 상태에서 실험을 하였다.



그림 1. 열분석 시험기

2.4 자외선 경화기

UV경화기는 중압수은 lamp를 사용하였고 제원은 lamp용량(W) 1000, lamp전압(V) 130, lamp전류(A) 8.3, 관경(mm)24.5, 전장(mm) 225, 발광자(mm) 110, 파장(nm) 300~450으로 조사량은 72 mW/cm² 이다. UV경화는 시간에 따른 경화도 차이에 의한 물성의 변화를 알아보기 위하여 UV경화 시간을 30초, 90초, 5분으로 하였으며, UV조사시간 30초, 90초, 5분은 실제 태양빛에서 5일, 15일, 50일 동안 받을 수 있는 평균적인 UV량이다.

2.5 Dynamic Shear Rheometer (DSR)

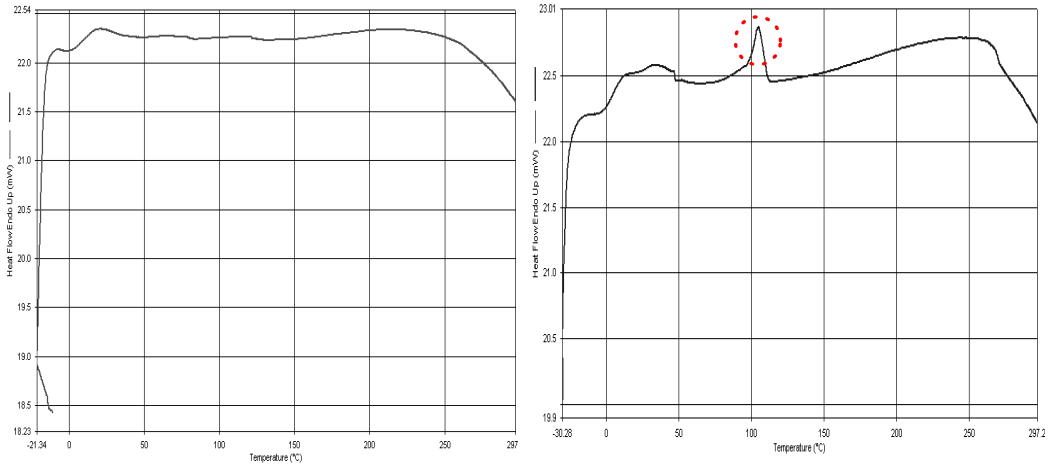
아스팔트 바인더의 유변학적 특성을 파악하기 위하여 동적 전단 유변 물성 측정기인 "Dynamic Shear Rheometer를 사용하여 온도변화에 따른 바인더의 G*/sinδ를 측정하였다. 순수바인더와 단기경화(RTFO), 자외선(UV) 노출된 바인더의 G*/sinδ 를 측정하였다.

3. 실험 결과

3.1 열분석 결과

저탄소 아스팔트 첨가제에 따른 바인더의 가교와 열적 특성을 알아보기 위한 열분석 한 결과는 다음 그림 1과 같다. 그림 1(a)은 첨가제를 사용하지 않은 순수 바인더의 열분석 결과를 나타내고 있으며, 그림 1(b)는 저탄소 아스팔트 첨가제를 투여한 바인더의 열분석 결과를 보여주고 있다.

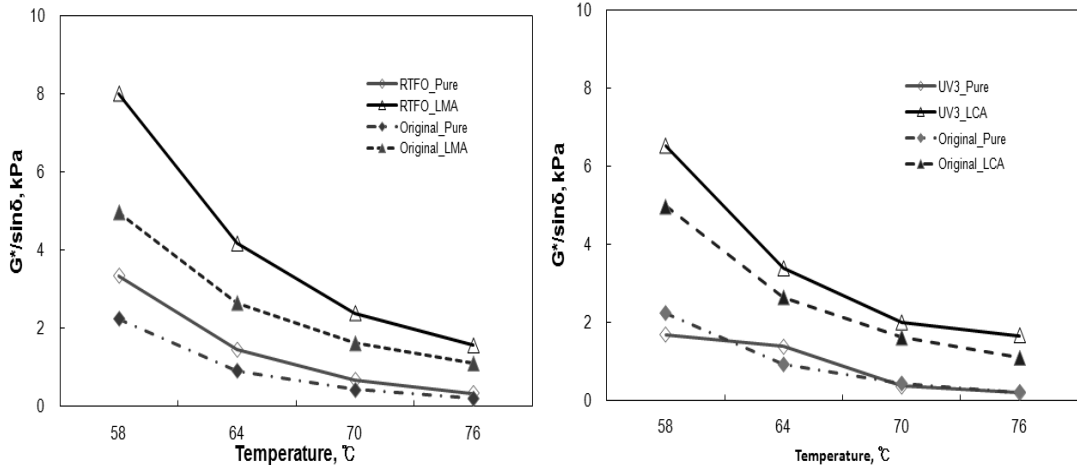
그림 1(a)와 달리 그림 1(b)에서는 100°C 근처에서 peak 가 나타남을 알 수 있었다. 이는 첨가제가 열에 의해서 고체에서 액체로 변화하는 melting point(T_m)을 보여주고 있다. 이는 첨가제는 약 110°C에서 고체에서 액체로 녹으면서 바인더의 점성을 다소 저하시켜 아스팔트 혼합물의 온도를 저감 시킬 수 있는 역할을 하는 것으로 사료된다. 본 열분석 결과를 바탕으로 보면 현재 130°C에서 시행되고 있는 저탄소아스팔트 혼합물의 혼합온도를 110°C로 까지 저감 시킬 수 있다. 하지만 아직 현장조건을 고려해 보면 110°C는 다소 무리가 있어서 현재 130°C에서 저탄소 아스팔트 혼합물을 생산하고 있다.



(a) AP-5 바인더

(b) 저탄소 첨가제 사용한 AP-5 바인더

그림 2. 바인더의 열 분석 결과



(a) 단계에이징 후 측정 결과

(b) 자외선에 의한 에이징 측정 결과

그림 3. 유변동학 실험 결과

3.2 DSR 실험 결과

그림 3은 아스팔트 바인더의 단기노화(RTFO) DSR 실험결과를 나타내고 있다. 저탄소 아스팔트 첨가제와 첨가제를 혼합하지 않은 바인더 들의 단기노화(RTFO)와 자외선(UV)에 의한 노화된 바인더의 DSR 실험 결과는 위 그림 3과 같다. 그림 3 (a)는 단기노화(RTFO)된 바인더와 노화되기 전의 바인더의 DSR 결과값을

비교하고 있으며, 그림 3 (b)는 저탄소 아스팔트 첨가제가 사용 유무에 따른 바인더의 자외선에 3시간 노출된 DSR 결과 값을 보여 주고 있다. 단기 노화(RTFO)와 UV에 의한 노화에 따른 바인더의 점탄성응력($G^*/\sin\delta$)이 향상됨을 나타내고 있다. 저탄소 아스팔트 첨가제를 사용하지 않은 바인더의 경우, 58°C에서는 자외선 열화된 바인더가 산화되지 않은 바인더보다 점탄성응력이 감소되는 현상을 보여주었다. 이는 자외선에 의한 바인더의 가교 시스템에서의 변화인지에 대한 좀더 연구가 필요하다. 계속 진행되는 연구를 통해 이 문제를 더 해결 하고자 한다.

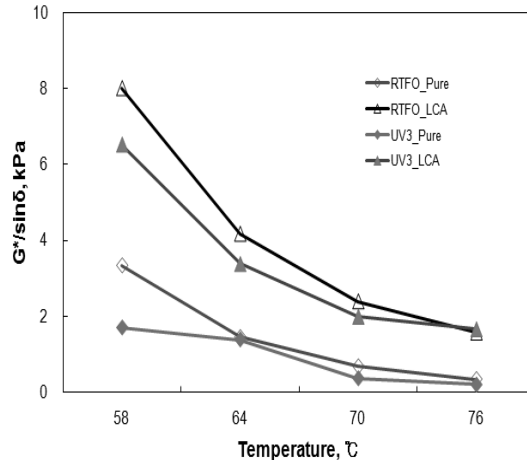


그림 4. 산화 방법에 따른 점탄성응력 측정 결과

그림 4는 산화방법에 따른 점탄성 응력 결과 값을 비교하고 있다. 저탄소 아스팔트 첨가제를 사용한 바인더의 경우, 자외선에 3시간의 노출된 바인더의 점탄성 응력값이 단기노화 (RTFO)에 의해 산화된 점탄성응력값이 다소 적음을 알 수 있었으며, 저탄소 첨가제를 사용하지 않은 순수 바인더의 경우는 큰 차이를 나타내지 않았다.

4. 결론

본 연구에서는 열분석방법과 DSR 방법을 통해서 저탄소 아스팔트 첨가제 사용된 바인더의 거동을 연구 하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열분석 결과, 저탄소 아스팔트 첨가제는 바인더와 잘 교반되어 같은 열거동을 보였으며, 첨가제의 melting point는 약 110°C였으며, 이는 110°C에서 첨가제가 녹으면서 혼합물의 위커빌리티를 향상 시킬 수 있음을 암시한다.
2. 단기산화(RTFO)의 점탄성 응력이 자외선 3시간에 노출되어진 산화된 점탄성 응력보다 다소 크게 나타났다.

감사의 글

이 논문은 한국건설기술연구원 저비용 저탄소 아스팔트 포장공법 개발 과제('09~'13) 연구결과의 일부입니다.

참고 문헌

1. 강현승, 홍영근. (2009) 빛에 의한 아스팔트 개질에 관한 연구, *Elastomers and Composites*, Vol. 44, No.1 pp. 63-68.
2. 조희구, 이방용, 이준석, 박선욱. (2001) 한국 전역의 지표홍반 자외선 복사 계절기후, *한국기상학회지*, Vol. 37, pp. 525-539.
3. 강현승, 빛(자외선)에 의한 아스팔트 개질에 관한 연구 (2007) 수원대학교 석사학위 논문