

# 습식 중온 아스팔트의 장기 저장성 평가

## Evaluation on the Storage Stability of Premix Type WMA Binder

조동우\* · 김용주\*\* · 황성도\*\*\* · 박준상\*\*\*\* · 편준범\*\*\*\*\* · 박한수\*\*\*\*\* · 천승한\*\*\*\*\*

Cho, Dong-Woo · Kim, Yong-Joo · Hwang, Sung-Do · Park Jun-Sang · Pyun, Joon-Bum · Park, Han-Soo · Cheon, Seung-Han

### 1. 서론

중온 아스팔트 기술은 가열 아스팔트 보다 약 30℃ 낮은 온도에서 아스팔트 혼합물을 생산하고 다짐할 수 있는 친환경적인 포장방법이다. 이러한 중온 아스팔트 기술은 크게 3 가지로 구분되는데 첫 번째로 유기형 화학첨가제를 사용하여 아스팔트 점도를 낮추는 방법과 두 번째로, 제올라이트를 사용하여 미세거품에 의해 다짐도를 향상시키는 방법, 마지막으로 액상형 화학첨가제를 사용하여 아스팔트 점도를 낮추고 다짐도를 향상시키는 방법이 있다(1). 대표적인 유기형 화학첨가제로 Sasobit, Cecabase RT, Asphaltan-B를 사용하고 있으며 제올라이트 첨가제로는 Aspha-min과 Advera가 사용되고 있다. 액상형 화학첨가제로는 Evotherm과 Rediset WMA가 상용화되어 사용되고 있다(2). 그리고 중온 아스팔트 첨가제들은 플랜트에서 적용하는 방식에 따라 중온 첨가제를 아스팔트 탱크에 미리 혼합하여 골재와 함께 혼합하는 습식방법(프리믹스)과 퍼그밀 믹서에 골재와 함께 중온 첨가제를 직접 투입하여 혼합하는 건식방법(플랜트 믹스)을 사용하고 있다. 습식방법의 장점은 아스팔트에 첨가제를 일정한 비율로 균질하게 섞기 때문에 일정한 품질을 유지할 수 있고 건식방법의 장점은 중온 아스팔트를 위한 탱크를 따로 준비할 필요가 없다는 것이다. 외국에서는 품질관리가 용이한 습식방법을 많이 선호하고 있다. 그러나 일정한 품질을 유지할 수 있는 습식방식 또한 첨가제의 종류에 따라 상 분리와 저장시간에 따른 품질변화가 일어날 수 있다. 그러므로 외국에서는 습식방법에서 발생하는 상 분리 및 저장 안정성에 대한 연구가 계속 수행되고 있다. 따라서, 국내에서 개발한 첨가제도 습식방법을 많이 사용하는 외국시장에 진출하기 위해서는 각 제품별 상 분리 및 저장안정성에 대한 연구 및 평가가 선행되어야 한다. 본 연구에서는 국내에서 개발한 중온 첨가제들을 (LEADCAP64, LEADCAP70, LEADCAP76) 사용하여 실내에서 습식방법으로 중온 아스팔트를 준비하였다. 습식방법으로 만들어진 중온 아스팔트들을 140℃ 온도를 유지하는 오븐에 보관하면서 각 기간별로 연화점, 동점도, G'/sinδ를 측정하여 중온 아스팔트의 상 분리 및 장기 저장 안정성을 비교 · 평가하였다.

### 2. 습식 중온 아스팔트 준비과정

PG 64-22 아스팔트와 국내에서 개발한 3가지 종류의 중온 첨가제들을 각각 교반믹서에서 혼합하여 습식방식으로 중온 아스팔트를 준비하였다. 표 1은 습식방식으로 준비된 3가지 중온 첨가제 별 함량과 공용성 등급을 나타낸 것이다. 중온 아스팔트는 140℃로 가열한 PG 64-22 아스팔트에 중온 첨가제를 투입하여 10분 동안 3000RPM의 교반 속도로 혼합하여 준비하였다. 교반된 중온 아스팔트는 140℃ 온도의 오븐에 보관 후 기간 별로 연화점, 동점도시험, 동적전단시험을 실시하였다.

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사(E-mail: dongwoocho@kict.re.kr)  
\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사(E-mail: yongjook@kict.re.kr)  
\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사(E-mail: sdhwang@kict.re.kr)  
\*\*\*\* 정회원 · 금호석유화학 책임연구원 · 공학석사(E-mail: polymer@kkpc.com)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 금호석유화학 선임연구원 · 공학석사(E-mail: boojang@kkpc.com)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 금호석유화학 연구원 · 공학석사(E-mail: hspark07@kkpc.com)  
\*\*\*\*\* 정회원 · 금호석유화학 수석연구원 · 공학석사(E-mail: shcheon@kkpc.com)

표 1. 중온 아스팔트에 첨가제 함량과 공용성 등급

	일반 아스팔트	중온 아스팔트		
		LEADCAP64	LEADCAP70	LEADCAP76
첨가제 함량	-	아스팔트 함량에 3%	아스팔트 함량에 3%	아스팔트 함량에 3%
공용성 등급	PG 64-22	PG 64-22	PG 70-22	PG 76-22

### 3. 저장 안정성 평가

습식방식으로 준비한 중온 아스팔트들은 140℃ 오븐에 보관 후 기간별로 연화점, 동점도, 동적전단 시험을 KS 규정에 따라 수행하여 중온 아스팔트의 상 분리와 장기 저장 안정성을 평가하였다. 그림 1은 중온 아스팔트의 저장 안정성을 평가하기 위한 시험계획을 나타낸 것이다.

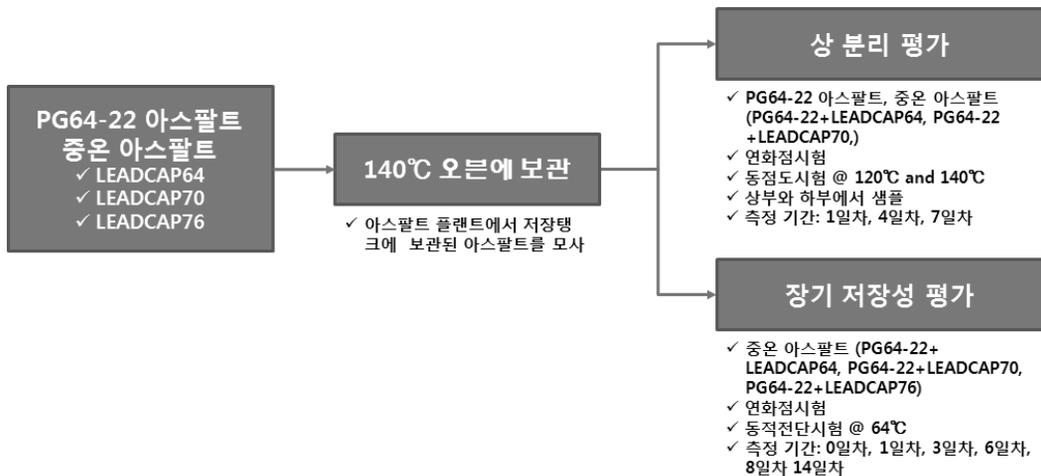


그림 1. 중온 아스팔트에 저장 안정성 평가를 위한 시험방법 및 계획

#### 3.1 상 분리

실제 아스팔트 플랜트에서 아스팔트 탱크에 보관하는 중온 아스팔트에서 상 분리가 발생하는지 여부를 알아보기 위해 실내에서 140℃ 온도의 오븐에 2 가지 종류의 중온 아스팔트와 일반 아스팔트를 보관하였다. 1 일, 2일, 4일 7일에 각 아스팔트를 시가튜브(Cigar Tube)에 담아 상부와 하부에서 샘플을 채취하였고, 연화점 시험과 120℃와 140℃온도의 동점도 시험을 수행하여 상 분리가 발생했는지 여부를 평가하였다. 그림 2는 시가튜브의 상부와 하부에서 채취한 2 종류의 중온 아스팔트와 일반 아스팔트에 대한 연화점을 기간별로 시험한 결과를 나타낸 것이다. 만약, 아스팔트들에서 상 분리가 발생한다면 채취한 상부와 하부의 샘플의 연화점은 저장한 기간에 따라 다르게 나타날 것이다. 그림 2에서 보는 바와 같이 개질 전 아스팔트 PG 64-22의 상부와 하부의 연화점은 1일차부터 7일차까지 49℃에서 52℃ 사이로 큰 변동없이 일정한 분포를 보여주고 있다. PG 64-22 아스팔트를 중온화 개질한 PG64-22+LEADCAP64 및 PG64-22+LEADCAP70 또한 1일차부터 7일차까지 각각 57℃와 60℃ 사이 그리고 55℃와 62℃사이에서 큰 변화없이 연화점이 분포하고 있다. PG64-22+LEADCAP64와 PG64-22+LEADCAP70은 PG 64-22 아스팔트보다는 약간 높은 연화점을 보이면서 PG 64-22 아스팔트처럼 상부와 하부에서 저장기간에 따른 연화점 값은 큰 변화가 없었다. 이 결과를 분석한다면 중온화 첨가제를 사용했을 때 고온에서 소성변형에 대한 개질 효과로서 연화점이 높아졌지만 저장기간에 따른 상 분리는 PG 64-22와 마찬가지로 큰 변화없이 유지되었음을 알 수 있었다.

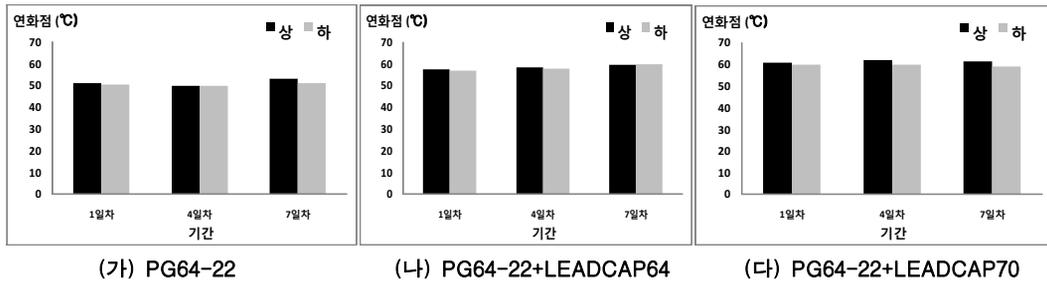


그림 2. 상·하부에서 채취한 중온 아스팔트와 일반 아스팔트의 연화점 비교

그림 3은 시가튜브의 상부와 하부에서 채취한 2 종류에 중온 아스팔트와 일반 아스팔트를 기간별로 120℃와 140℃에서 측정된 동점도 시험 결과를 나타낸 것이다. 그림 3에서 보이는 상부와 하부에서 채취한 샘플의 동점도는 거의 유사하게 나왔고 연화점에서 본 결과와 큰 차이를 보이고 있지는 않다. 저장기간에 따른 값의 변화를 살펴본다면, 120℃의 온도에서 수행한 동점도 시험의 결과에서 PG 64-22 아스팔트는 1일차부터 4일차까지 3일간 880cps에서 900cps로 20cps만 변했고 4일차에서 7일차는 960cps 즉 40cps만 변했다. 중온화 개질한 아스팔트 PG64-22+LEADCAP64는 1일차부터 7일차까지 순서대로 평균 765, 730, 775, 730cps가 측정됨으로서 20-40cps정도의 변화만 일어났다. 그리고 PG64-22+LEADCAP64 또한 1일차부터 7일차까지 660cps에서 730cps까지 크기는 80cps정도의 변화만 일어났다. 이 차이 값은 PG64-22+LEADCAP64의 동점도 값인 600-700cps와 비교할 때 10%를 약간 넘는 정도의 변동이기에 이미 언급한 상 변화뿐만 아니라 저장기간에 따른 값의 변화도 크지 않음을 알 수 있었다. 140℃에서 구한 점도값의 경향 또한 120℃에서 구한 동점도값의 경향과 큰 차이가 없었다.

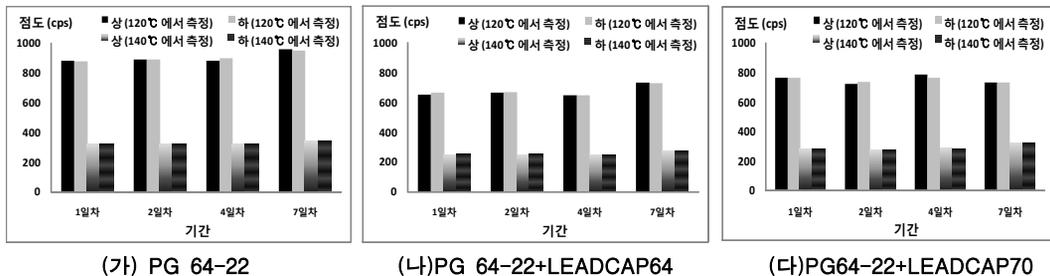


그림 3. 상·하부에서 채취한 중온 아스팔트와 일반 아스팔트의 동점도 비교

### 3.2 장기 저장성

실제 아스팔트 플랜트에서 아스팔트 탱크에 보관된 중온 아스팔트의 보관기간에 따른 저장 안정성과 유변학적 변화를 평가하기 위하여 실내에서 140℃ 오븐에 3 가지 종류에 중온 아스팔트를 보관 후 0일, 1일, 3일, 6일 8일, 14일에 샘플을 채취하여 연화점시험과 64℃에서 동적전단시험을 수행하였다.

그림 4와 그림 5는 저장기간에 따른 중온 아스팔트에 연화점과  $G^*/\sin\delta$ 에 변화를 각각 나타낸 것이다. 이미 윗 장 '상 분리'에서 연화점과 동점도는 저장기간에 크게 민감하지 않다는 것을 언급했다. 그러므로 그림 4에서 보이는 결과는 '상 분리'장에서 보인 1일에서 7일까지의 연화점값 결과의 연장선이라고 할 수 있다. 그렇지만 흥미로운 결과가 그림 5에서 발견되었다. 저장기간에 민감하지 않은 연화점과는 달리 64℃  $G^*/\sin\delta$  값은 1일부터 3일째까지 민감하지 않다가 그 이후부터는 점점 민감하게 증가하는 추세를 보이고 있는 것이다. 예를 들면 PG64-22+LEADCAP70은 저장 전에 412Pa에서 1, 3, 6, 8, 14일차까지 순서대로 452, 584, 863, 1178, 2097Pa까지 값의 변동을 볼 수 있었다. 0일부터 3일차까지 412, 452, 584Pa로 변한 것을 보면 3일까지

저장을 하면서 64°C에서의  $G^*/\sin\delta$ 값의 변화는 거의 없다고 할 수 있고 3일을 넘은 이후부터 급격한 변화가 보이고 있음을 알 수 있다. 이것은 장기 저장에 따라 당연히 발생한 노화의 결과이지만 노화한 결과 자체보다는 그 노화가 진행되면서 민감도가 변하는 시점은 품질관리를 위해서 중요하게 고려될 수 있다. 그러므로 공용성 등급에서 사용하는  $G^*/\sin\delta$ 를 본 연구에서 사용한 중온 아스팔트들의 장기 저장성 품질관리를 위한 지표로 선택할 경우 저장한 시점으로부터 3일을 넘기지 않는 것이 좋다는 결과가 나왔다. 그러나 연화점과 DSR값의 상승이 중온 아스팔트의 저장 안정성의 문제와 직접적인 관련이 있는지를 확인하기 위해서는 좀 더 다양한 재료와 조건 속에서 추가 실험을 해야 하기에 본 연구의 결과는 일반화 되지 않은 제한된 결과로서 고려해야한다.

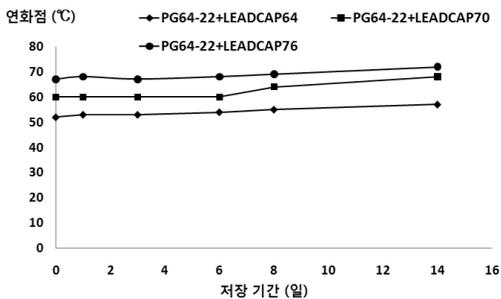


그림 4. 저장기간에 따른 연화점 변화

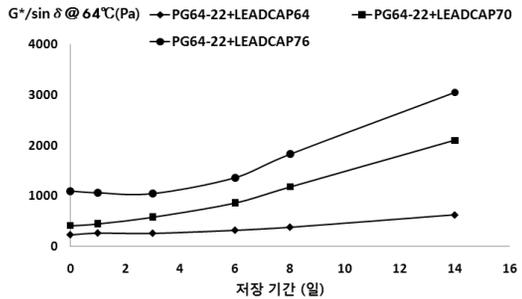


그림 5. 저장기간에 따른  $G^*/\sin\delta$  변화

#### 4. 결 론

본 연구는 국내에서 개발한 중온 아스팔트를 습식방법으로 제조할 경우 저장하면서 발생할 수 있는 상 분리와 장기 저장에 따른 노화정도를 평가 분석하였고 요약한 내용과 결론은 다음과 같다.

1. PG 64-22를 아스팔트를 중온화 개질한 PG64-22+LEADCAP70과 PG64-22+LEADCAP64는 장기 저장을 해도 상 변화가 발생하지 않았다. 그러므로 LEADCAP70과 LEADCAP64는 고분자 첨가제에서 많이 발생하는 상 분리에 대한 문제가 없음을 알 수 있었다.
2. PG64-22+LEADCAP70과 PG64-22+LEADCAP64, PG64-22+LEADCAP76을 64°C에서  $G^*/\sin\delta$ 값을 비교해 볼 때 처음 3일간은 별 큰 변화가 없었지만 3일을 넘은 기간부터  $G^*/\sin\delta$ 값이 민감하게 변하는 양상을 보여주었다.
3. 140°C에서 저장을 했기에 노화가 진행되는 것을 피할 수는 없지만, 본 연구에서 사용한 첨가제로 중온화 개질한 아스팔트들을 저장하면서 3일차 되는 기간전과 그 후의  $G^*/\sin\delta$  값의 변화가 크다는 것은 이 값으로 중온 아스팔트 품질관리를 할 경우에 특정기간을 넘기지 않는 것이 좋다는 결과가 보였다. 그렇지만 이러한 결과는 제한된 재료와 조건에서 실험 분석을 했기 때문에 좀 더 일반화 할 수 있는 결론을 얻기 위해서는 좀 더 다양한 조건의 추가실험을 필요로 한다.
4. 공용성 등급에서 사용하는  $G^*/\sin\delta$ 는 개질하지 않은 아스팔트를 평가할 때는 잘 맞지만 개질한 아스팔트들에서는 잘 맞지 않는 경향이 있기에 품질관리를 위한 지표로서 사용하기 위해서는 좀 더 많은 연구가 필요하다.

#### 참고 문헌

1. Advanced Asphalt Technologies, LLC. (2008) "NCHRP Report 9-43: Mix Design Practices for Warm Mix Asphalt." Interim Report, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
2. Anderson, R. M., Baumgardner, G., May, R., and Reinke, G. (2008) "NCHRP 9-47: Engineering Properties, Emissions, and Field Performance of Warm Mix Asphalt Technologies." Interim Report, TRB, National Research Council, Washington, D.C.