

중온형 아스팔트 콘크리트 특성연구

A Study on Characteristic of Warm Mix Asphalt

조신행* · 전순제** · 전준영*** · 류득현****

Jo, Shin Haeng · Jun, Soon Je · Jeun, Jun young · Ryu, Deug Hyun

Abstract

Temperature reduction in the manufacturing of asphalt mixtures is highly desirable from a number of aspects. Reduced fumes and emissions, and reduced energy consumption, are important environmental reasons to continue pursuing the goal of temperature reduction. There are important construction and performance advantages as well. For instance, improved workability results in better compaction; lower production and placement temperatures may improve prospects for cold weather paving; and lower temperatures will result in less binder aging and possibly better cracking resistance.

The performance of WMA is not to be satisfied though there are various advantages. Therefore, more research is needed on a number of issues

Key word : Warm Mix Asphalt(WMA), Foamed Asphalt, HMA

유해가스 발생의 저감, 에너지 절약과 환경적인 이유로 인해 아스팔트의 생산 및 시공온도의 저감에 대한 필요성은 매우 크다. 온도 저감은 시공과 성능 면에서도 유리한 점이 많은데 다짐이 더 잘되기 때문에 워커빌리티가 향상되며 추운 날씨에서도 시공이 가능하다. 또한 고온에서의 아스팔트 노화를 저감시켜 저온 균열에 보다 우수한 성능을 나타낸다. 중온형 아스팔트의 많은 장점에도 불구하고 공용성능은 아직까지 만족할 만한 수준은 아닌 것으로 평가되며 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

1. 서 론

환경에 대한 관심이 날로 커져가는 상황에서 건설재료 역시 환경에 미치는 영향을 고려하지 않을 수 없게 되었다. 1997년에 발효된 교토협약에 의해 지구온난화 방지를 위해 2012년 까지 1990년의 CO₂ 배출량의 5.2%를 저감하기로 하였다. 아스팔트 콘크리트는 생산과정 중 높은 온도로 가열하여야 되기 때문에 많은 에너지를 소비하게 되며 이에 따라 CO₂의 배출량이 많은데 생산 온도의 저감을 통해 에너지 소모를 현저히 줄일 수 있는 중온형 아스팔트 콘크리트가 주목 받게 되었다. 중온형 아스팔트는 생산 온도 저감에 따른 에너지 절약 효과 이외에 양생시간 감소에 따른 빠른 교통개방, 작업장에서의 유해 증기 발생 억제 등을 통한 작업자의 안전확보와 동절기 또는 도심지 야간공사에 적용이 쉬운 장점이 있다.

2. 중온형 아스팔트 포장 공법

2.1 폼드 아스팔트(Foamed Asphalt)

아스팔트 바인더에 미세기포를 생성하여 얇은 막을 형성하게 함으로써 아스팔트 바인더의 점도를 떨어뜨리고 다짐시에 미세기포의 볼베어링 작용을 통해 다짐 효율을 높이는 공법이다.

* 정회원 · 유진기술연구소 · 연구원 E-mail: jerryajo@eugenec.co.kr
** 정회원 · 유진기술연구소 · 연구원
*** 유진기술연구소 · 수석연구원
**** 유진기술연구소 · 소장

폼드 아스팔트는 그림1과 같이 고온의 아스팔트 바인더에 압축 공기를 이용하여 수분을 분사 아스팔트에 거품을 만들어 내는 것이 기본적인 컨셉이다. 노즐을 통해 피그밀 또는 믹싱드립에 분사하며 생산하게 되는데 플랜트 생산 방식 뿐 아니라 현장 재생 공법에도 적용이 가능하다.

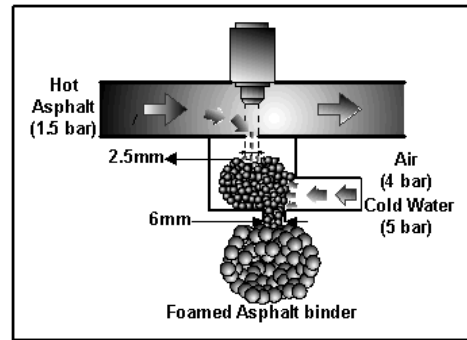


그림 1. 폼드 아스팔트 Process

2.2 중온형 개질제 사용 공법

개질제를 사용하여 아스팔트의 유동성을 증가시켜 생산 및 다짐 온도를 저감시키는 공법으로 Wax류의 개질제를 사용하는 방식과 화학발포제를 사용하여 폼드아스팔트와 비슷한 효과를 나타내는 방식으로 나눌 수 있다. 대표적인 제품은 다음과 같다.

- ① Aspha-Min : EUROVIA사의 제품으로 Develop Zeolite, Synthetic Zeolite, Crystalline hydrated aluminium silicates로 구성된 개질제로 혼합물 중량의 0.3%를 첨가하는데 고온에서 함유하고 있는 수분이 기화하며 기포를 형성하여 점도를 떨어 뜨린다. Eurovia사의 보고에 의하면 약 30℃의 생산 온도 저감 효과가 있으며 약 30%의 연료 저감 효과가 있는 것으로 나타났다.
- ② Sosobit : Sasol Wax GmbH(독)사의 제품으로 석탄 가스로부터 생산되는 파라핀계 왁스이다. 아스팔트 바인더의 중량비 2~3%를 사용하며 혼합온도를 135℃까지 내릴 수 있다. 고온 성능은 개선되나 저온 성능이 떨어지는 단점이 있다.

2.3 기타 공법

- ① Low Energy Asphalt : 굵은 골재를 130℃가열하여 아스팔트로 코팅한 다음 차가운 석분과 필러를 첨가하여 90℃로 생산하는 방법으로 추가적인 플랜트 설비가 필요하다.
- ② 2층 아스팔트 혼합방법(2-Phase Asphalt) : 우선 골재와 연성 아스팔트를 100~120℃로 혼합하고 다시 일반 아스팔트를 투입 후에 폼드 작용으로 마무리 하는 공법으로 포설 작업이 일반 가열 아스팔트 혼합물에 비해 40~50℃ 낮은 온도에서 이루어 진다.

이외에도 중온형 개질제에는 다양한 제품들이 개발되어 있다. 이중 대부분은 최근 연구의 성과물들로 현재 시험포장을 통해 공용성능을 평가 중인 경우가 많다.

3. 실험

앞서 소개한 중온형 개질제 중 발포형 개질제인 Asphamin과 Wax형 개질제인 Sasobit를 사용하여 중온형 아스팔트의 특성과 성능을 살펴보고자 한다.

3.1 실험 방법

생산 및 다짐 온도 저감 효과를 평가하기 위하여 바인더에 대해 브룩필드 점도 실험을 수행하였으며 혼합물의 특성을 살펴보기 위하여 마샬 다짐기와 Gyratory Compactor(선회다짐기)를 사용하여 공시체를 제작 하였다.

혼합물은 KS F 2349의 밀입도 20의 기준입도에서 중앙입도에 근접하게 배합 설계하여 적용하였다.

표 1. 마샬공시체 제작 조건

구분	AP함량	개질제	다짐온도	다짐횟수
일 반	5.2%	-	140℃	양면50회
Sasobit	5.2%	3% of AP	110℃	양면50회
Asphamin	5.2%	0.3% of Mixture	110℃	양면50회

마살 다짐기를 사용하여 공시체를 제작하여 공극률을 측정하였고 마살 안정도 실험을 수행 하였다. 보다 정확한 다짐효율의 측정을 위해 Gyratory Compactor를 사용하여 공시체를 제작하였다. 그림 2는 실험에 사용된 SERVOPAC사의 Gyratory Compactor와 Data 분석 컴퓨터 프로그램이다.



그림 2. Gyratory Compactor

3.2. 실험 결과

3.2.1 마살 실험

표 2. 마살공시체 실험 결과

구 분	일반	Sasobit	Asphamin
밀 도(g/cm^3)	2.398	2.406	2.367
공극률(%)	3.75	3.44	5.00
마살 안정도(N)	12,633	12,394	8,943
흐름값(0.1mm)	34	37	32

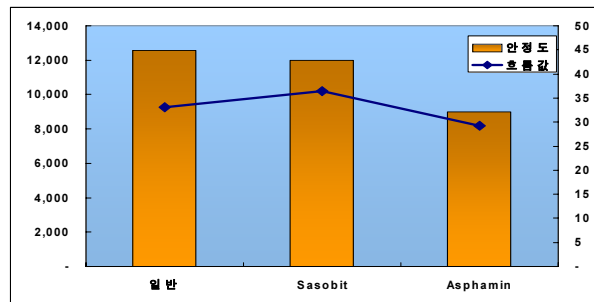


그림 3. 마살 안정도와 흐름값

제작된 공시체의 공극률을 측정한 결과 중온형 개질제의 경우 다짐 온도를 110℃로 낮춰주어도 불구하고 일반 공시체와 비슷한 값을 나타내 약 30℃의 온도 저하 효과가 있는 것으로 나타났다. 하지만 마살 안정도의 경우 Sasobit 사용 혼합물은 일반혼합물과 비슷한 값을 나타내었으나 수분이 함유되어 있는 Asphamin의 경우는 일반혼합물 대비 약 30%의 안정도가 떨어지는 값을 나타내었다.

3.2.2 Gyratory Compactor 실험

현장 포설 직후 아스팔트 포장의 공극률이 보통 6~8%임으로 8%에 도달하는데 필요한 회전수를 각 혼합물 별로 실험을 수행하였다. 직경 100mm의 몰드를 사용하였으며 수직응력은 600MPa, Tilt Angle 1.25° 로 하였다.

표 3. 8%공극률 도달 회전수

종 류	일반	Sasobit	Aspha-min
다짐온도(℃)	140	110	90
회전수	49	53	62

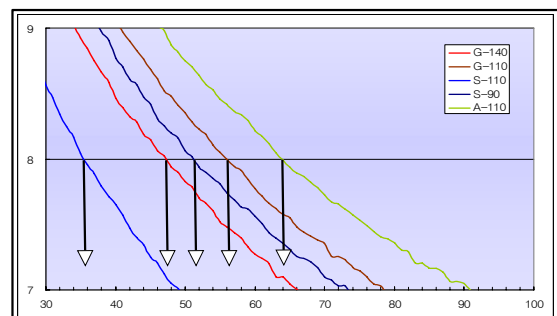


그림 4. Gyratory 회전수

일반 아스팔트는 다짐온도인 140℃에서 현장 다짐 목표 공극률인 8%에 도달하기 위해 49회의 회전이 필

요했으나 Sasobit의 경우 110℃에서도 38회 만에 목표 공극률에 도달 하였으며 90℃에서 51회로 일반아스팔트에 비해 최대 50℃정도의 낮은 온도에서도 작업이 가능함을 알 수 있었다. 반면 Asphamin은 110℃에서 62회의 다짐이 필요하여 일반혼합물의 53회에 비해서도 다짐효율이 좋지 않음을 알 수 있었다.

3.2.3 브룩필드 점도 실험

브룩필드 점도 실험결과 Gyrotory Compactor 실험 결과와 동일한 결과를 얻을 수 있었다. Sasobit의 점도가 가장 낮았으며, Asphamin의 경우 일반 AP-5보다 더 높은 점도를 나타내었다. 그림 5는 브룩필드 점도값을 나타낸 것이다.

Superpave에서는 브룩필드 점도 실험을 통해 얻은 점도값으로 혼합물의 생산 및 다짐온도를 예측하도록 하고 있다. 하지만 실험결과를 토대로 시공 온도를 결정할 경우 일반 아스팔트와 큰 차이가 없는 것으로 나타난다. 이는 매우 작은 점도로 인해 그 차이를 나타내기 어려운 것과 중온형 개질제의 작용 매커니즘을 브룩필드 점도 시험을 통해 모사해 내기 어렵기 때문인 것으로 예측된다.

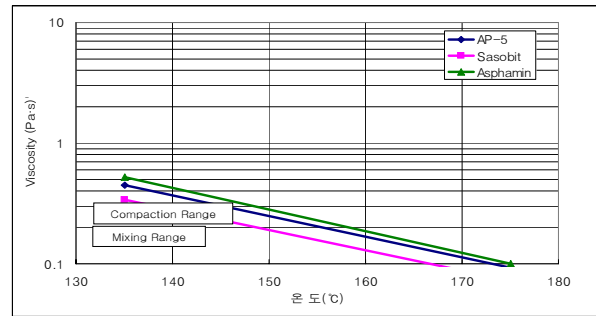


그림 5. 브룩필드 점도실험

3.2.4 기타 실험 결과

본 연구는 장수명 친환경 도로포장재료 및 설계시공기술개발 연구사업의 일환으로 한국건설기술연구원과 아이오와 주립대학교 그리고 서울산업대의 공동연구로 진행되고 있다. 타 기관에서 수행한 중온형 포장 재료의 연구 성과에 따르면 기존 중온형 제품의 실험결과에서 온도 저감효과는 확인 할 수 있으나 공용성능면에서는 일반제품과 비슷하거나 떨어지는 경향을 나타내며 특히 폼드 제품의 경우는 수분 민감성이 취약한 경향이 있었다.(아이오와 주립대, 한국건설기술연구원, 2007)

4. 결 론

중온형 아스팔트(Warm Mix Asphalt)는 CO₂ 배출량을 감소시키고 유해가스 발생을 저감하는 친환경 포장 공법임에 틀림없다. 에너지 저감 효과 뿐 아니라 낮은 시공온도를 이용하여 야간이나 도심지 공사 그리고 동절기 공사에도 적합한 장점이 있으며 폼드 아스팔트나 2-Phase 공법은 폐아스콘을 이용한 재생아스콘의 생산 방법으로도 적합하다.

하지만 실험을 통해서 나타난 것과 같이 일반 아스팔트에 비해 생산 및 다짐온도는 약 30℃가량 낮추는 것으로 나타났으나 아직까지 그 성능이 일반 아스팔트에 비해 떨어지는 경향이 있으며 내구성 부분에 있어서 충분한 검토가 되어 있지 않다. Wax형 개질제의 경우는 저온 특성이 떨어지며 기포형 또는 폼드형에서 수분을 사용한 제품의 경우는 수분민감성에 약점을 드러낸다.

앞으로 이런 단점들을 보완하여 나가는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 박태순, 정규동, 이홍재, 김명, 김윤수(2007). “중온 아스팔트 혼합물의 성능 및 특성 연구” 한국도로학회 학술발표대회 논문집.
2. Dave Newcomb, P.E., Ph.D.(2007). "An Introduction to Warm-mix Asphalt", NAPA.
3. Hurley, G.C. and B.D.Prowell(2005). "Evaluation of Aspha-min® zeolite for use in warm-mix asphalt". NCAT Report 05-04. National Center for Asphalt Technology. Auburn, Alabama.
4. Hurley, G.C. and B.D.Prowell(2005). "Evaluation of Sasobit® for use in warm-mix asphalt". NCAT Report 05-06. National Center for Asphalt Technology. Auburn, Alabama.
5. www.warmmixasphalt.com