

중온화 아스팔트 포장공법의 국내외 기술 현황



황 성 도 | 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원 · 공학박사
정 규 동 | 정회원 · 한국건설기술연구원 연구원

1. 서 언

최근 국제적으로 관심이 고조되고 있는 환경문제에 관해 1997년 12월 일본 교토에서 개최된 지구온난화 방지조약 회의(COP3)를 통해 2012년까지 1990년의 CO₂ 배출량을 6%까지 저감하는 것을 내용으로 한 교토의정서가 협약되면서, 온실가스 저감을 위한 화석에너지의 절감은 국가경제의 새로운 패러다임이 되고 있다. 이와 관련하여 건설분야에서도 친환경기술의 개발이 새로운 화두가 되고 있다. 특히 도로포장재료로 사용하는 가열 아스팔트 혼합물은 제조 및 시공과정에서 작업성과 현장 다짐도 확보 등에 필요한 온도 유지를 위해 많은 화석 에너지를 소비하면서 다량의 온실가스(CO₂)를 발생시키고 있는 실정이다. 이에 유럽을 비롯한 선진국에서는 CO₂ 발생 억제, 조기교통개방, 장기공용성의 확보 및 에너지 절약·자원절약을 위한 새로운 포장 재료로서 중온화 아스팔트 기술개발이 이루어지고 있다. 이러한 중온화 아스팔트 혼합물은 기존 가열 아스팔트 혼합물의 온도를 약 30℃ 정도 저하시키면서 생산 및 운반 후 시공단계에 걸쳐 기존재료와 동일한 다짐성, 작업성 및 역학적 성능을 확보할 수 있다. 이와 더불어 환경적인 측면에서는 각 시공단계에서 CO₂ 배출량의

삭감 및 조기교통개방이 가능한 새로운 도로포장공법으로 주목을 받고 있다.

본 고에서는 국내 중온화 아스팔트 포장기술의 도입 및 연구를 위한 관련 기술현황 등을 검토하고자 일본 및 유럽 등의 중온화 아스팔트 첨가제 및 국내 연구동향을 살펴보았다.

2. 중온화 아스팔트 포장이란?

일반적인 가열 아스팔트 포장은 160~170℃인 고온의 아스팔트 혼합물을 사용하여 시공을 하고 있는데 반해 중온 아스팔트 포장은 110~135℃ 정도의 온도에서 아스팔트 혼합물을 생산하는 친환경 포장공법으로 알려져 있다. 가열 아스팔트 포장과 비교하여 혼합물의 생산과정만 차이가 있고, 시공은 동일한 방법을 적용한다. 중온 아스팔트 혼합물은 가열 아스팔트 혼합물보다 제조 및 시공온도를 약 25~30℃ 저하시켜 도로포장 시공에 사용할 수 있는 재료이다. 이 기술의 핵심은 약 110℃ 전·후의 중온에서 쉽게 연해지는 개질첨가제를 추가하거나 수분 또는 발포제를 이용한 포밍 효과를 시공 전과정에 걸쳐 유지함으로써 중온 조건에서 최적의 작업성

을 얻을 수 있는 기술로서, 기존 가열 아스팔트 포장과 비교하여 다음과 같은 효과가 있다.

- ① 아스팔트 혼합물의 생산과 포장의 시공온도를 약 25% 저하
- ② 생산 및 시공과정에서 대기중에 방출되는 카본다이옥사이드 가스의 방지와 유해 가스 억제 (온도가 10℃씩 저하되면 유해가스 배출량 절반 감소)
- ③ 아스팔트 혼합물 생산 중 석유계 연료 약 30% 저감
- ④ 시공 후 양생시간 감소에 따른 조기교통개방
- ⑤ 시공현장에서 유해증기나 분진의 발생을 억제시켜 작업자의 안전 확보
- ⑥ 공용온도에서 가열 아스팔트 포장과 비슷한 강도 확보

특히, 최근 일본에서 개발된 화학발포제를 이용하는 중온화 포장기술은 아스팔트 내에 미세포를 발생·분산시켜 아스팔트 혼합물의 포설완료시까지 아스팔트 혼합물 내에 미세포를 보관할 수 있도록 하였다(그림 1 참조). 이에 따라 가열 아스팔트 혼합물의 제조 시 아스팔트의 발포에 의해서 골재와 아스팔트 사이의 혼합성이 향상되고, 포설 및 다짐과정까지 혼합물 내에 함유되어 있는 미세포의 작용으로 인하여 현장 다짐도를 향상시키게 된다. 기존의 가열 아스팔트 혼합물 및 상온 아스팔트 혼합물과 비교하여 일반적인 중온화 아스팔트 혼합물의 온도범위는 그림 2와 같다. 본 기술은 최근까지 일본 및 유럽 국가들을 중심으로 개발되어 실용화를 추진하고 있는 실정이다.

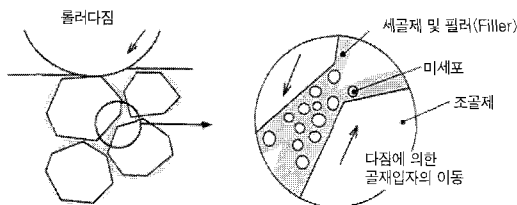


그림 1. 중온화 폼드 개질 아스팔트 혼합물 기술 개요

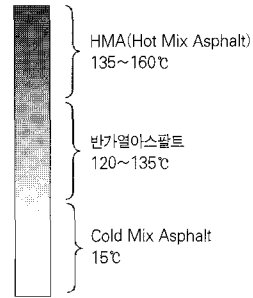


그림 2. 중온화 아스팔트 혼합물의 일반적 온도 범위

3. 중온화 아스팔트 포장의 효과

중온화 아스팔트 포장공법 적용을 통해 환경 및 시공적인 측면에서 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

첫째, 아스팔트 혼합물의 생산온도를 30℃ 저감했을 경우, CO₂ 배출량은 약 14% 저감시킬 수 있다. 이를 정량적으로 산출하면, 연간 제조량을 7,000만 톤으로 가정했을 경우 약 18만 톤 정도의

표 1. 중온화 아스팔트 포장의 효과

혼합 온도	용도, 목적	효과
온도 저감	제조시의 온도 저감화	<ul style="list-style-type: none"> 제조시의 CO₂ 배출량의 감소 자원절약, 에너지절약
	포장시의 온도 저감화	<ul style="list-style-type: none"> 규제시간의 단축(공사정체의 완화) 초기 소성변형의 억제(보수사이클의 연장) 시공효율의 개선(하절기시공 등)
	칼라 아스콘	<ul style="list-style-type: none"> 색마래 방지
중래와 동일 온도	포장장비의 간략화	<ul style="list-style-type: none"> 환경보전(CO₂ 배출량의 저감 등) 시공효율의 개선
	동절기 시공	<ul style="list-style-type: none"> 포설시간의 확대, 품질확보, 폐기물의 저감
	노면방수층 아스콘	<ul style="list-style-type: none"> 쇄석 매스틱의 방수성 확보
	특수 아스콘 소규모 포장공사	<ul style="list-style-type: none"> 품질의 확보, 시공성의 개선, 폐기물의 저감

CO₂ 삭감으로 연결된다.

둘째, 생산온도의 저감을 통해 시공 후 포장체 온도의 조기저하를 도모할 수 있어 교통통제시간의 단축에 따른 교통정체 완화와 초기 소성변형의 억제에도 기여할 수 있다.

마지막으로 종래와 동일한 생산온도로서 높은 다짐 효과를 이용하면, 시공과정에서 다짐 롤러 편성의 간략화에 의한 포설과정의 CO₂ 배출의 삭감과 공사비의 저감 및 동절기 기상조건 하에서의 다짐 확보에 의한 내구적인 도로포장의 건설이 가능해진다.

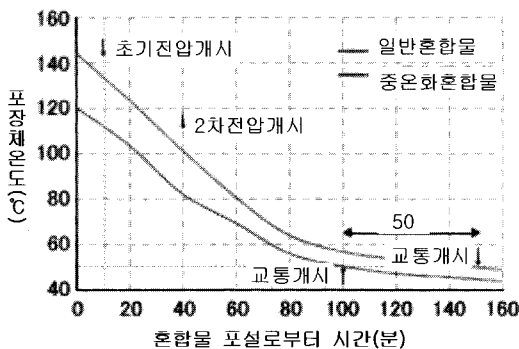


그림 3. 중온화 아스팔트 포장의 시공온도 저하 효과

미세거품의 효과를 이용하는 것으로, 미세거품의 발포에 의한 작업성 향상과 미세거품의 배어링적인 기능에 의한 다짐도의 향상을 얻을 수 있다.

이러한 작업성과 다짐도의 향상으로 가열 아스팔트 혼합물의 온도조건보다 약 30℃ 정도 저감해도 품질과 현장 시공성을 확보할 수 있다(그림 5). 또한 종래와 동일한 온도에서는 향상된 현장 다짐도 특성을 확보할 수 있다. 이를 통해 그림 6과 같이 온도저감에 따른 CO₂ 배출량은 기존재료에 비해 약 14% 정도 저감되는 것으로 나타났다.

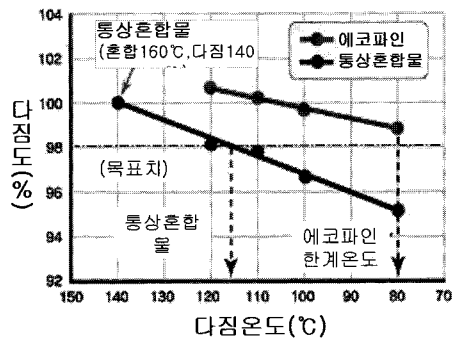


그림 5. 다짐온도에 따른 다짐도

4. 외국의 중온화 아스팔트 포장공법 현황

4.1 일본의 중온화 첨가제

Nippo 회사에서 개발한 에코파인은 그림 4와 같이 특수첨가제에 의해서 아스팔트중에 발생시키는

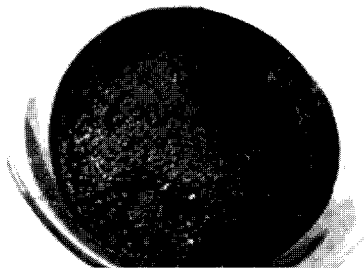


그림 4. 특수첨가제에 의한 아스팔트의 발포

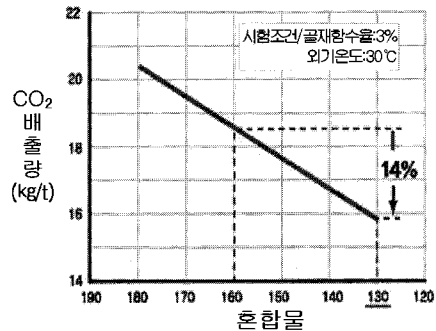


그림 6. 혼합온도와 CO₂ 배출량의 관계

상기의 기술은 일본의 도로시방서에 포함된 모든 가열 아스팔트 혼합물에 적용할 수 있다.

마에다 도로회사에서 개발한 워페이브는 고온(110~160℃)에서 일시적으로 아스팔트의 점도를 저하시키는 특수첨가제를 사용하는 공법으로서, 기존 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 혼합·시공온도



그림 7. 온도조건을 30℃ 저감한 현장시공 예(JH조반자동차도)

를 약 30~50℃ 저감시킬 수 있는 중온화 아스팔트 포장공법이다. 마에다 도로회사에서는 표 2와 같이 특수첨가제를 포장체의 적용용도에 따라 3가지로 구분하여 생산하고 있으며, 아스팔트 혼합물 생산 시 CO₂는 약 12~13% 저감시킬 수 있다. 아스팔트 혼합물 생산공정은 건식혼합 5초 후 습식혼합을 20초 정도 시행한 다음, 워페이브를 혼합하고 다시 습식혼합 20초 후 생산완료하는 방법으로 이루어져 있다.

표 2. 특수첨가제의 종류

첨가제명	용 도
WP-100	<ul style="list-style-type: none"> • 일반도에서 중교통까지 적용 • 혼합 및 시공온도를 약 30℃ 저감 가능
WP-70	<ul style="list-style-type: none"> • 소규모시공에 적용 • 특히 작업성을 중시하는 경우에 적용 • 혼합 및 시공온도를 약 50℃ 저감 가능
WP-DM	<ul style="list-style-type: none"> • 배수성포장에 적용 • 혼합 및 시공온도를 약 30℃ 저감 가능

사토와타나베 회사에서는 발포제, 발포강화제 등을 포함한 특수첨가제를 아스팔트 혼합물의 제조 시에 투입하여 혼합물의 내부에 발생하는 미세한 거품을 통해 작업성, 시공성을 향상시킨 중온화 아스팔트 혼합물을 개발하였다. 이를 통해 아스팔트 혼합물의 제조온도를 기존의 가열 아스팔트 혼합물에 비해 약 30℃ 정도 저감할 수 있었다. 따라서 중온화 아스팔트 혼합물은 포장체 온도가 약 50℃ 이하로 낮아지는 양생시간을 약 50분 정도 단축시킴으로써 조기교통개방이 가능하다.

이 외에도 타이세이로테크 회사에서 개발한 비스코믹스는 상온영역에서 강도특성이 가열 아스팔트 혼합물과 비슷하며, 기존 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 CO₂ 발생량을 약 14% 절감할 수 있다. 그리고 아스팔트 혼합물의 다짐온도를 25℃ 정도 저감시켜도 목표하는 공극률을 확보할 수 있는 것으로 알려져 있다.

4.2 유럽의 중온화 첨가제

ASPHA-MIN ZEOLITE는 독일에서 사용되는 중온화 아스팔트 첨가제 중의 하나이다. 이 재료는 수화작용에 의해 발생하는 결정체로 이루어진 natrium-aluminum silicate 성분으로 구성되어 있으며, 약 21%의 물을 함유하고 있어 약 85~180℃의 온도에서 분해되어 수분을 발생시킨다. 이를 아스팔트 혼합물의 약 0.3%에 해당되는 비율로 첨가할 경우, 약 30℃ 정도 상온에서 생산 및 시공이 가능하다고 알려져 있다. ASPHA-MIN은 골재와 아스팔트를 혼합할 때 동시에 투입하며, 이때 발생하는 수분으로 아스팔트의 체적을 팽창시키는 작용을 한다. 이와 같은 아스팔트의 팽창 작용은 아스팔트에 발포작용을 유도하여 낮은 온도에서의 아스팔트 혼합물의 작업성 및 골재 피복도를 향상시키는 역할을 한다. ASPHA-MIN의 사용범위는 일반 아스팔트, 고분자 개질 아스팔트, 재생 아스팔트 등 모든 종류의 아스팔트 혼합물에 사용 가능한 것으로 알려져 있다.

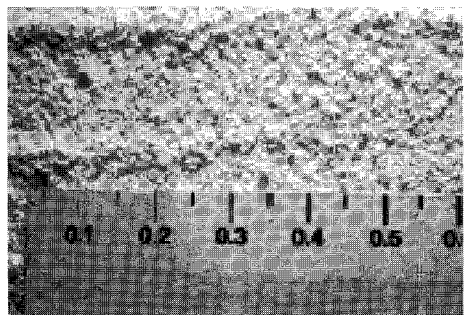


그림 8. ASPHA-MIN ZEOLITE

Sasobit Wax는 1997년 유럽과 아시아에 판매되기 시작하면서 알려진 중온화 아스팔트 첨가제이다. Sasobit Wax는 Fischer-Tropsch 과정을 거쳐 석탄 가스로부터 생성되는 긴 탄화수소 사슬의 혼합체를 사용한 첨가제이며, FT paraffin Wax라고도 한다. Sasobit Wax는 ash-forming materials(석회발포제) 및 chlorine, sulphur, nitrogen, oxygen과 같은 heteroatoms(헤테로 원자)를 함유하지 않으므로 산화 및 노화에 대한 안정성을 발휘하여 저장 안정성이 높은 재료이다.

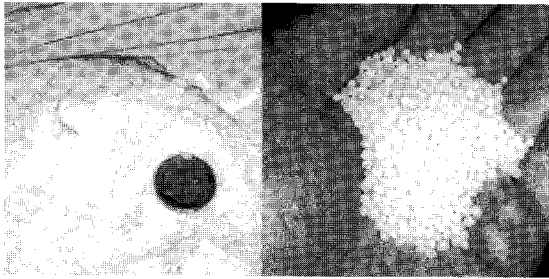


그림 9. Sasobit Wax

Sasobit Wax의 역할은 아스팔트 혼합물의 제조 과정에서 아스팔트의 점도를 낮추어 작업성 및 시공성을 향상시키는 것으로 알려져 있다. 또한 아스팔트 혼합물의 제조 시 배출가스의 감소 및 생산 에너지의 절감효과를 발휘하며, 아스팔트의 강성 특성을 개선시켜 아스팔트 혼합물의 변형억제와 블리딩 현상을 감소시키는 것으로 보고되어 있다. 미국의 매릴랜드 고속도로관리국에서 이 재료를 사용한 현장 적용결과, 시공 중 작업성을 향상시키면서 목표 다짐도를 확보하는데 기존재료를 사용한 다짐 작업량에 비해 약 40%를 줄일 수 있었다고 하였다.

4.3 유럽의 중온화 폼드 아스팔트

1956년 아이오와 주립대학교의 Csanyi 교수는 가열 아스팔트에 스티뮴을 주입하여 특별하게 설계된 노즐을 통하여 아스팔트 거품을 만들 수 있는 폼드 아스팔트 기술을 최초로 개발하였다. 이 원리는

1968년 Mobil Oil Australia에 의해서 스티뮴 대신 상온의 물을 사용하면 거품 아스팔트의 생산이 더 용이하다는 사실을 발견하고 원래의 폼드 아스팔트 기술을 개선하였다. 이렇게 개선된 폼드 아스팔트 기술은 현재까지 동일한 원리로 사용되고 있다.

과거에는 주로 폼드 아스팔트 기술이 상온 아스팔트 혼합물의 개량용으로 사용되어 왔으나, 최근에는 Shell사와 Kolo Veidekke사에 의해 WAM-foam이란 중온화 아스팔트 혼합물을 개발하는 원천기술로 사용되었다. WAM-foam 혼합물은 두 종류의 아스팔트를 사용하여 두 단계의 혼합과정을 거쳐 생산된다. 첫 번째 단계는 점도가 낮은 아스팔트를 사용하여 100℃에서 120℃ 사이에서 가열된 골재와 혼합하여 1차 코팅을 한 후, 두 번째 단계에서 점도가 높은 아스팔트로 만들어진 폼드 아스팔트를 이용하여 재혼합과정을 거친다. 이러한 생산과정은 낮은 온도에서 아스팔트 혼합물의 생산이 가능할 뿐만 아니라, 현장에서 다짐도의 향상과 생산 에너지 비용을 기존재료와 비교하여 30%까지 절감할 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

노르웨이에서는 폼드(Foamed) 기술을 사용하여 1999년, 2000년, 2001년 총 3차례에 걸쳐 중온화 아스팔트 포장의 시공 및 공용성 조사를 실시하였다. 여기에서 가장 큰 규모의 시공현장은 2000년 9월 노르웨이의 Hobø 1의 주요도로인 RV120으로서, 폼드 아스팔트를 사용한 구간과 사용하지 않은 구간으로 나누어 시공하고 시공 후 공극률을 시험한 결과 두 구간 모두 평균 3.9%의 동등한 공극률을 확보한 것으로 보고하였다.

한랭지에서 폼드 아스팔트를 사용한 중온화 아스팔트 포장공법의 공용성 조사를 위하여 1년에 2차례에 걸쳐 각 구간의 러팅 및 평탄성 조사를 2000년~2003년 동안 실시한 결과, 두 구간의 러팅 및 평탄성이 비슷한 수준을 나타냈다. 또한 시공을 실시한 구간은 지역의 특성상 겨울철 스파이크 타이어(studded tire)를 장착한 차량이 60%를 넘는 지역으로서, 스파이크 타이어(studded tire)에 의한 포

장표면의 탈리정도를 조사한 결과, 3년간 두 구간 모두 비슷한 결과를 나타내면서 미끄럼 저항 시험 (skid resistance) 결과도 모두 양호한 범위의 수치를 보였다.

5. 국내 연구 동향

국내에서 중온화 아스팔트 포장에 대한 연구는 초기기술도입단계로서, 현재 한국건설기술연구원이 주관하여 2006년부터 4년 동안 산학연 과제로 연구 중에 있다. 본 연구의 목표는 중온화 아스팔트 혼합물의 재료 및 시공기술의 개발로서, 다양한 실내시험을 통해 중온화 포장기술의 원천기술을 확보하고, 시험시공 및 장기 공용성 평가 연구를 통해 현장 실용화를 확보하는데 있다.

현재까지의 연구결과, 100℃로 가열골재를 사용한 중온화 폼드 아스팔트 혼합물의 적절한 다짐 및 성능을 확보할 수 있었으며, 발포제 및 왁스를 사용한 중온화 개질 아스팔트 혼합물은 가열 아스팔트

혼합물과 비교하여 동등한 내구성능을 가지는 것으로 확인되었다.

6. 맺음말

중온화 아스팔트 포장공법은 교도의정서협약에 대비한 친환경건설 기술로써, 아스팔트 혼합물의 생산 시 배출되는 CO₂ 등의 유해배출가스를 저감할 수 있을뿐만 아니라, 포장시공 후 양생시간이 상대적으로 적게 소요되어 도심지의 교통정체를 완화하는 목적으로 사용할 수 있다. 이에 따라 직접적인 생산 에너지 소요비용의 절감과 함께 간접적으로 사회환경 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 편익을 기대할 수 있다.

본 공법은 외국에서도 현재 초기기술도입단계에 있으므로, 장래 세계건설분야에서 높은 시장성을 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 국내에서 원천기술을 확보할 경우 건설부문의 기술 및 경제적 효과와 친환경건설분야 관련 연구를 활성화시킬 것으로 사료된다.

학회지 광고접수 안내

본 학회지에 게재할 광고를 모집합니다. 우리 학회지는 계간으로 매회 2,100부를 발간하여 회원과 건설관련 기관에 배포하고 있습니다. 회사 영업신장과 이미지 제고를 원하시는 업체는 우리 학회지를 이용하시기 바랍니다.

광고료 : 표2 · 표3 · 표4(300만원) · 간지(200만원)

※ 상기금액은 연간(4회)광고료임.

사단법인 **한국도로학회**

전화 (02) 3272-1992 전송 (02)3272-1994