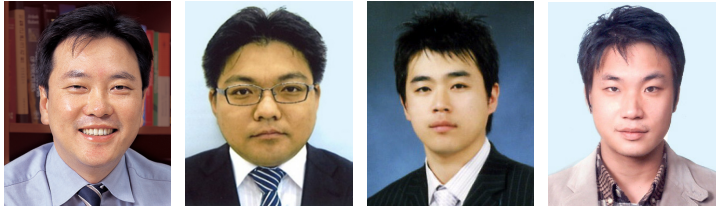


중온 아스팔트 포장의 현장시공과 경제효과



이 현 중 | 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 교수
 백 종 은 | 정회원 · 세종대학교 토목환경공학과 교수
 이 재 현 | 세종대학교 토목환경공학과 석사과정
 이 상 염 | 정회원 · 서울특별시 도시안전본부 주무관

1. 머리말

중온 아스팔트 포장(WMA, Warm Mix Asphalt) 공법은 유럽이나 미국 등 선진국에서는 1990년대부터 연구가 활발하게 진행되어 현재까지 많은 시공실적을 가지고 있다. 하지만 우리나라에 중온 아스팔트 포장이 도입된 지 약 10년 정도 밖에 되지 않았고, 시공실적도 손에 꼽을 정도로 적다. 중온 아스팔트 포장은 일반 가열 아스팔트 포장(HMA, Hot Mix Asphalt)에 비해서 약 20~40℃ 낮은 온도에서 생산 및 포설, 다짐을 할 수 있다.

이로 인하여 배기가스 감소 및 연료소모량 절감, 공사기간 연장 등의 장점이 있다. 이와 같은 중온 아스팔트 포장은 우리나라의 녹색성장 발전에 기여할 수 있는 도로분야의 대표적인 공법으로 한국건설연구원과 도로공사 도로교통연구원을 비롯한 연구소와 학계 및 기업체에서 많은 관심을 보이고 활발히 연구를 진행하고 있다.

2. 개발의 배경 및 특징

2.1 개발의 배경

1997년에 발효된 교토협약에서 지구온난화 방지를 위해 2012년까지 1990년의 CO₂ 배출량의 5.2%를 저감하기로 하였다. 교토협약의 내용을 바탕으로 EU는 2010년까지 CO₂ 배출량을 15% 저감하기로 하였고, 국내에서도 지구온난화에 따른 환경 위기가 고조되고 국제유가가 천정부지로 치솟는 등, 에너지 자원의 고갈 위기가 심화되어 “녹색성장”에 대한 사회적 요구가 고조되었다. 2008년 9월 지식경제부에서 그린에너지 보급을 확대하기 위한 계획을 발표하고 ‘저탄소 녹색성장 전략’을 국가 발전 비전으로 제시한 가운데 산업 전반에 걸쳐 친환경 기술 및 제품의 개발이 선택사항이 아닌 필수적인 상황이 되었다. 도로포장분야에서도 에너지 절감, 비용절감, 대기오염 최소화를 기본으로 하면서도 공용성 측면에서 기존의 아스팔트 포장에 성능이 뒤처지지 않는 환경 친화적인 포장재료 개발 및 기술개발에 관한

연구가 수행되고 있다.

2.2 중온 아스팔트 포장의 종류

중온 아스팔트 포장 공법의 핵심기술은 일반 가열 아스팔트 포장보다 약 20~40℃ 정도 낮은 온도에서 아스팔트 혼합물을 생산 및 현장 시공이 가능하도록 아스팔트 바인더의 점도를 확보하는데 있다.

바인더의 점도를 확보하는 방법은 일반적으로 아스팔트 바인더와 골재의 혼합과정 중에 중온 첨가제를 첨가하는 방식이다. 중온 아스팔트는 사용된 중온 첨가제의 기초소재 형태에 따라 세 종류로 분류할 수 있다. 유기첨가제는 낮은 온도에서 바인더의 점도를 감소시키는 방법으로, Sasobit®이 대표적인 유기첨가제이다. 폼드(Foamed) 공법은 바인더에 수증기를 첨가하여 바인더의 점도를 감소시키는 방법으로, 일반적으로 Aspha-min이 많이 사용되고 있다. 마지막으로 화학첨가제는 일종의 표면활성물질로써 바인더의 물성에는 영향을 미치지 않고, 낮은 온도에서 바인더와 골재의 접착성을 높이는 방법으로, 대표적인 화학첨가제로는 Evertherm®이 많이 사용되고 있다.

2.3 중온 아스팔트 포장의 특징

일반적인 아스팔트 포장은 160~170℃인 고온의 아스팔트 혼합물을 사용하여 생산 및 시공을 하고 있는데 비해 중온 아스팔트 포장은 120~140℃ 정도의 온도에서 아스팔트 혼합물을 생산하여 시공할 수 있는 공법이다. 중온 아스팔트 포장 공법은 기존 일반 아스팔트 포장과 비교하여 다음과 같은 효과가 있다.

- ① 아스팔트 혼합물의 생산 및 시공 온도를 약 20~40℃ 저하
- ② 생산 및 시공과정에서 대기 중에 배출되는 유해 가스 억제
- ③ 아스팔트 혼합물 생산 중 화석연료 약 30% 저감
- ④ 시공 후 양생시간 감소에 따른 조기 교통 개방

- ⑤ 시공 현장에서 유해 증기나 분진의 발생을 억제시켜 작업성 확보
- ⑥ 일반 아스팔트 포장과 비슷한 공용성 확보
- ⑦ 동절기 공사 기간 확대

3. 현장시공

3.1 현장시공개요

서울시에서 시행하는 ‘녹색성장을 위한 친환경 저탄소 도로포장공법 도입방안 연구’의 수행과정으로 2010년 10월에 ‘이수역사거리~남성초교삼거리’ 구간에 총 연장 약 420m, 4개 차로에 시험시공을 실시하였다. 시험시공의 목적은 연료 소비량, 배기가스 배출량 등을 측정하여 중온 아스팔트 포장의 환경 및 경제성 효과를 조사·분석하는데 있다. 시험시공에는 국내·외에서 개발된 9종의 중온 첨가제가 사용되었다. 이 중 4종은 일반 중온 아스팔트용, 5종은 개질 중온 아스팔트용 제품이다. 일반 중온 아스팔트는 일반 가열 아스팔트(HMA)에 중온에서도 점도가 유지되는 첨가제만을 투입한 것이고, 개질 중온 아스팔트는 일반 중온 아스팔트에 아스팔트 혼합물의 성능을 높여주는 개질제를 첨가한 제품이다. 시험시공에 사용된 아스팔트 혼합물은 중온 첨가제의 사용 유무와 상관없이 모두 동일한 골재(19mm WC-3)로 구성되어 있다. 포장은 노후화된 기존 포장의 표층 5cm를 절삭하고 신규 혼합물로 덧씌우기를 하였다.

3.2 현장시공결과

중온 아스팔트 포장과 일반 아스팔트 포장의 비교를 위해 시험시공시 혼합물 생산온도 및 1차 다짐온도, 연료사용량, 배출가스량, 현장다짐도, 포설 직후부터 교통개방까지의 시간 측정 등을 측정하였다.

혼합물 생산온도는 플랜트에서 직접 적외선 온도계를 사용하여 측정하였고, 1차 다짐온도 역시 포설

후 1차 다짐을 진행하는 동안의 온도를 적외선 온도계로 측정하였다. 아스팔트 혼합물 생산시 연료는 LNG를 사용하였다. CO₂, CO, NO_x와 같은 배출가스량은 환경영향평가 측정장비를 이용하여 측정하였다. 현장 다짐도는 현장다짐도 측정기를 이용하였고, 아스팔트 포설시 열전도 센서를 매설하여 아스팔트 혼합물 포설 직후 시간대별 온도변화 추이를 관찰하였다. 시험시공 시 측정한 다양한 데이터를 표 1에 나타내었다.

표 1. 현장시험시공 측정값 결과

측정항목	일반 아스팔트	일반중온 아스팔트	개질중온 아스팔트	
생산온도 (℃)	176	138	140	
1차다짐온도 (℃)	140	107	113	
연료사용량 (m ³)	6.8	4.4	5.4	
배출가스량 (ppm)	CO	72	47	54
	CO ₂	439	108	341
	NO _x	3.00	1.14	2.36
다짐도 (%)	97.8	95.1	93.9	
포설 후 교통개방시간 (분)	125	80	80	

표 1에서 보는 바와 같이 중온 아스팔트는 일반 아스팔트 포장에 비해 생산온도와 1차 다짐온도가 약 30~40℃ 낮은 것을 확인할 수 있었다. 온도 저감으로 인하여 연료사용량이 일반 중온인 경우 35%, 개질 중온의 경우 21% 감소하였다. 또한 배출가스의 경우 일반 중온인 경우, CO₂는 35%, CO는 75%, NO_x는 62% 감소하였고, 개질 중온인 경우 전체적으로 20~25% 감소하였다. 이중 인체에 유해한 물질인 CO와 NO_x의 감소는 작업자를 포함하여 인접지역의 주민과 도로이용자의 건강에 미치는 영향이 크다고 할 수 있다. 포설 후 교통개방까지 경과시간이 약 40분 단축되는 걸 알 수 있었다. 하지만 다짐도는 목표 다짐도인 96%에 다소 못 미쳐 다짐방법이나 첨가제에 대한 보완이 필요한 것으로 나타났다.

4. 경제성 분석

4.1 초기시공비 비교

중온 아스팔트 포장은 일반 아스팔트 포장과 비교했을 때 시공절차나 방법은 동일하다. 따라서 중온 및 일반 아스팔트 포장의 시공단가 차이는 중온 첨가제 및 중온 개질제의 투입에 따른 추가비용이 발생하는 부분이다. 개질 중온 아스팔트 포장은 중온 첨가제 외에 개질제가 첨가되므로 개질 중온 아스팔트 포장은 개질 아스팔트 포장과 비교하는 것이 바람직하다. 따라서 경제성 분석은 일반 중온 아스팔트 포장과 일반 아스팔트 포장에 대하여 실시하였다. 중온 아스팔트 포장의 경우 중온 첨가제의 비용만큼 아스팔트 포장 1톤을 시공하는 비용이 증가된다고 볼 수 있으며, 아스팔트 혼합물 1톤 생산시 평균 4,500원의 비용이 상승하였다. 1a 당 약 11.83톤의 아스팔트 혼합물이 사용되므로 1a 시공시 53,235원의 재료비가 상승하게 된다.

4.2 연료사용량 감소 및 배출가스량 감소로 인한 경제적 효과

일반 아스팔트 혼합물에 비해 일반 중온 아스팔트 혼합물은 평균 2.4m³의 LNG를 절감할 수 있다. 2011년 8월 기준 산업용 LNG의 단가는 741원/m³이므로 아스팔트 혼합물 생산시 1,779원의 연료비 절감 효과가 있다. 또한 탄소배출량의 경우 일반 중온 아스팔트 포장은 일반 아스팔트 포장에 비해 평균 35%의 CO₂ 배출량이 저감된다. 2011년 현재 탄소배출권 평균가격은 약 19,000원/톤 CO₂이므로 아스팔트 혼합물 1톤 생산 시 탄소배출량 저감에 따른 경제적 효과는 190원 정도이다. 따라서 연료 절감에 따른 편익과 탄소배출 저감에 따른 편익을 합하면 아스팔트 혼합물 1톤당 총 1,969원의 직접적인 환경편익을 얻을 수 있고, 이를 면적으로 환산하면 1a 당 23,294원의 편익이 발생하게 된다.

4.3 조기 교통개방에 따른 경제성 효과 분석

도심지 도로포장공사는 야간에 주로 많이 실시하므로, 하루 8시간 야간공사 기준으로 일반포장의 경우 50a를 포장할 수 있다. 중온 아스팔트 포장의 경우 약 1시간 정도 조기에 교통개방을 일찍 할 수 있다. 이는 교통개방시간이 정해져있는 현장에서는 추가로 1시간 공사시간을 연장할 수 있다는 것을 의미한다. 따라서 총 공사일이 감소하는 편익이 발생할 수 있다. 서울시의 포장공사 기준 단가를 보면 1a 시공비용은 약 270천 원이고, 아스팔트 혼합물의 재료비는 793천 원이다. 따라서 1a 당 총 공사비는 1,063천 원이고, 50a의 시공비는 13,497천 원이며, 이를 8시간으로 나누면 1시간당 시공비는 1,687천 원이 된다. 즉 1일 8시간 야간공사 기준으로 조기 교통개방으로 얻게 되는 공사비 절감 편익은 약 1,687천 원이 된다. 따라서 1a당 시공비 절감 편익은 33,742원이 된다.

4.4 경제성 평가 결과

중온 아스팔트 포장의 초기시공비, 연료소모량 감소, 배출가스량 감소, 조기 교통개방 등으로 인한 공사비 증가 및 편익을 표 2에 나타내었다. 표 2에서 보는 바와 같이 중온 아스팔트 포장은 일반 아스팔트 포장에 비해 1a 포장시 총 3,801원의 공사비 감소 효과가 있는 것으로 나타났다. 경제성 평가에는 포함

표 2. 단위면적(1a)당 중온 아스팔트 포장의 공사비 증가 및 편익(원)

경제성 효과	시공단가
재료비 상승 (중온첨가제)	+53,235
환경적 편익 (연료, CO ₂)	-23,294
공사단축 (조기교통개방)	-33,742
계	-3,801

되지 않았지만 인체에 유해한 배출가스(CO, NOx) 감소 효과 및 조기교통개방으로 인한 사용자비용 감소를 고려한다면 특히 도심지에서 중온 아스팔트의 경제성은 더욱 크게 나타날 것으로 판단된다.

5. 맺음말

시대의 변화에 따라 환경에 대한 관심이 급속도로 높아지고 있는 추세이다. 중온 아스팔트 포장은 환경오염 측면뿐만 아니라, 경제성 측면에서도 장점이 있는 포장기술 중의 하나이다. 하지만 중온 아스팔트 포장은 우리나라에 도입된지 약 5년 정도 밖에 되지 않고 시공현장도 많지 않아 아직 현장 공용성에 대한 검증이 되지 않았다고 볼 수 있다.

따라서 이러한 새로운 기술의 발전과 확대를 위해서는 정부기관의 새로운 기술에 대한 제도적 장치의 마련이 필요할 뿐만 아니라 새로운 기술의 활용에 대한 지원도 필요하다고 생각한다. 앞으로 기술개발과 시공지침 작성 등의 연구를 통하여 현장의 요구에 맞는 기술향상이 가능할 것으로 기대된다.

참고 문헌

- (1) 황성도 등 (2008), “중온화 아스팔트 포장공법의 국내외 기술현황”, 한국도로학회논문집, 한국도로학회
- (2) 문성호 (2009), “중온 아스팔트 첨가제 SASOBIT 성능평가”, 한국도로학회 도로학회지, 한국도로학회
- (3) 황성도 등 (2009), “저탄소 아스팔트 포장 기술”, 한국도로학회 도로학회지, 한국도로학회
- (4) 한국도로학회 (2011), “녹색성장을 위한 친환경 저탄소 도로포장 공법의 도입 방안 연구”, 한국도로학회 연구보고서
- (5) 이재현 (2011), “중온형 아스팔트 포장공법의 실내 및 현장 공용성 평가”, 석사학위논문, 세종대학교
- (6) D'Angelo, D. (2008), “Warm-Mix Asphalt European Practice”, Federal Highway Administration, International Technology Scanning Program.