

일본 및 외국의 중온화기술 현황

이하라 쓰토무 | 일본도로건설협회
 번역 김 주 원 | 참여회원 · 성원건설기술사사무소 소장

중온화기술은 최근 아스팔트포장 기술의 새로운 이슈로 되고 있다. 일본에서 발간되는 월간지인 “포장”(2012. 5월호)은 중온화기술에 대한 특집으로 발간되었다. 여기에 실린 일본을 중심으로 한 중온화기술에 대한 현황을 소개한다.

■ 머리말

지구온난화의 억제를 위한 매진은 세계 각국에서 이루어지고, 특히 CO₂의 저감에 관해서는, 저탄소사회를 지향한 여러 분야에서 기술의 연구·개발이 진행되고 있다. 포장분야에서도 CO₂배출량 저감을 비롯한 환경에의 부하경감에 기여하는 기술에 매진하고, 그 하나로서 가열 아스팔트 혼합물의 제조온도를 보통보다 저감시켜도 소정의 품질이 확보될 수 있는 중온화기술이 각국에서 개발되어 실용화되고 있다.

일본에서는 중온화기술에 의해 보통보다 30℃ 정도 저감시켜 제조된 혼합물을 중온화 아스팔트 혼합물로 하고 있다. 이 중온화 아스팔트 혼합물은 2010년 2월부터 “국가 등에 의한 환경물품 등의 조달의 추진 등에 관한 법률(그린 구입법)”에 근거하여 특정 조달품목에 추가되었다. 이것으로부터 중온화기술은

본격적인 보급단계에 들어갔다고 생각할 수 있다. 또한, 이것을 받아 최근에는 중온화기술의 고도화와 적용범위의 확대에 관한 검토가 이루어지고 있다.

구미에서는 통상적인 가열 아스팔트 혼합물(Hot Mix Asphalt : 이하 HMA)에 대하여, 중온화 아스팔트 혼합물을 Warm Mix Asphalt(이하, WMA)라 부르고, 지금까지 많은 연구성과와 실적이 보고되고 있다. 2011년 10월에는 미국의 세인트루이스에서 제2회 국제WMA회의가 개최되어, 미국에서의 WMA의 비약적인 보급상황이 보고되는 등 중온화기술은 세계적으로 관심이 높은 것으로 되어 있다.

여기에서는 이미 보고된 문헌을 근거로 일본 및 외국의 중온화기술의 개요와 실적 등에 대하여 소개한다.

1. 중온화기술의 개요

1.1 일본의 중온화기술

중온화기술에는 몇 가지 종류가 있으며 중온화의 효과가 얻어지는 메커니즘의 차이로부터 발포계, 점탄성조정계 및 활제계(滑劑系)로 분류되며, 전용의 특수첨가제(이하, 중온화제)나 폼드(foamed) 아스

팔트가 쓰이고 있다. 최근에는 점탄성조정제+활제계 등의 복수의 메커니즘을 조합시킨 중온화기술도 개발되어 있다. 또한, 혼합물의 제조방법의 차이로 분류하면 혼합물 제조 시에 중온화제 등을 사용하는 플랜트 믹스형과 미리 아스팔트와 중온화제가 혼합되어 있는 중온화 혼합물용 아스팔트를 사용하는 프리 믹스형이 있다.

1) 발포계

발포계(發泡系)의 중온화기술에는 중온화제를 사용하여 아스팔트 모르타 내에 미세한 기포를 발생·분산시키는 것과, 특수한 장치에 의해 아스팔트를 발포시킨 폼드 아스팔트를 사용하는 것이 있으며, 어느 것이나 플랜트 믹스형으로 되어 있다. 발포계의 중온화 아스팔트 혼합물은 발생·분산시킨 미세한 기포의 작용에 의해 겔보기상의 아스팔트 용적이 증가하기 때문에 제조 시의 혼합성이 향상되는 동시에 포설 시에는 베어링 효과에 의해 다짐성도 향상되게 된다.

2) 점탄성조정계

점탄성조정계(粘彈性調整系)의 중온화기술에는 중온화제가 상온에서는 고체적 성상을 나타내고 일정한 온도 이상으로 되면 급격히 액체로 되어 골재를 피복하고 있는 아스팔트의 표면부분의 점탄성을 저하시키는 것과 아스팔트의 조성분과 분자량 분포를 조정하여 제조와 시공 시의 아스팔트 혼합물의 컨시스턴시를 조정하는 것이 있다. 이 기술은 플랜트 믹스형이 많으나 프리 믹스형으로서도 사용할 수 있는 것이 있다. 점탄성조정계의 중온화 아스팔트 혼합물은 제조와 시공 시의 온도영역에서의 점탄성이 조정되는 것에 의해 혼합성과 다짐성이 향상된다.

3) 활제계

활제계의 중온화기술은 아스팔트 점도에의 영향이 적고 중온화제의 용점 이상으로 되면 아스팔트에 용융하여 아스팔트 및 골재 경계면에서 윤활성을 높이는 것이다. 이 기술은 프리 믹스형이 많으나 플랜트

믹스형으로서도 사용할 수 있는 것이 있다. 활제계의 중온화 아스팔트 혼합물은 제조와 시공 시의 온도영역에서 혼합물 중의 골재간의 윤활효과에 의해 혼합성과 다짐성이 향상된다.

1.2 구미의 중온화기술

구미에서의 중온화기술은 HMA의 제조온도보다 20~40℃ 정도 저감시켜도 종래의 HMA와 동등한 혼합물 특성이 확보되는 기술로 되어 있다.

구미에서는 중온화기술을 발포계, 화학계 및 유기계라고 하는 분류로 되어있고 각종 첨가제나 폼드 아스팔트가 쓰이고 있다. 미국에서 최근의 분류에서는 유기계 첨가제에 의한 것을 비발포계(非發泡系) 첨가제에 의한 기술로 되어 있다. 또한, 몇 가지 기술을 조합하여 사용하는 경우도 있다. 이들 중온화기술의 메커니즘이나 혼합물 제조방법의 형태는 분류의 명칭이 다른 기술에서 화학계가 활제계에, 유기계가 점탄성 조정계에 해당한다.

2. 적용효과와 실적

2.1 적용효과

일본에서는 통상적인 가열 아스팔트 혼합물을 사용한 아스팔트포장과 비교한 중온화기술의 주된 적용효과는 표 1과 같이 들 수 있다. 이 가운데에서, 적용효과의 사례로서는 혼합물 제조 시의 CO₂ 배출량과 연료 소비량 저감 외에 보수공사에서 조기교통개방(규제시간 단축) 및 개방직후의 초기 소성변형의 억제 등이 있다. 또한 중온화기술을 적용한 포장의 내구성에 대해서는 일반 포장과의 노면성상의 비교로부터 검토되고 일반 포장과 동등하다고 평가되고 있다.

또한, 통상 온도로 제조하는 가열 아스팔트 혼합물에 중온화기술을 사용하면, 제조로부터 포설, 다짐까지의 시간이 보다 길게 확보되고 또한, 같은 다짐은

표 1. 중온화기술의 주된 적용효과

항 목		사회적인 효과	공사조건별 적용효과	
			신설	보수
혼합물의 제조 관련	CO ₂ 배출량의 삭감	지구온난화 방지	○	○
	화석연료의 소비량 삭감	자원의 고갈억제 (연명)	○	○
포설 시 관련	환경 개선	작업·연도환경의 개선	○	○
	포설시간의 단축	공사중 사고저감, 공기 단축	-	○
조기교통 개방관련	연도의 환경 개선	공기, 정체의 소음 폭로시간의 단축	-	○
	주행환경의 개선	공사정체의 완화, 통상 교통류의 조기회복	-	○
	초기 소성변형의 억제	안전성의 확보 (소성변형 진행의 저감)	-	○

○: 일반 가열 아스팔트 혼합물을 사용한 시공에 비하여 적용효과가 있는 항목

도에서도 보다 높은 다짐도가 얻어진다. 이 점에서 중온화기술은 한냉기의 시공이나 가열 아스팔트 혼합물의 급격한 온도저하가 우려되는 교면포장이나 박층포장 등의 시공성 개선을 위해 사용되는 사례도 많이 있다.

한편, 구미에서 적용효과는 환경면에서의 이점, 제조·공사에 관한 이점, 포설 시의 이점 등이 열거되고 있다. 환경면의 WMA 제조 시의 CO₂ 배출량은 일반 HMA 제조 시에 비하여 일본에서는 15~20% 정도의 저감이 되고 있으나, 유럽에서는 20~40%, 미국에서는 5~30% 정도의 저감으로 보고되어 있다. 이와 같이 각국에서 차이가 있는 것은 제조 시의 설정 온도와 사용하는 연료종류 및 플랜트의 제조방식(배치식이나 연속식), 나아가 제조량의 차이 등이 영향을 미치는 것으로 추정된다. 또한, 구미에서는 CO₂ 이외의 질소산화물 등 배출량의 저감효과에 대해서도 보고되어 있다.

제조·공사에 관한 이점에서는 중온화 아스팔트 혼합물의 온도가 저하되어도 다짐이 가능한 점 등으로부터 재생골재의 혼입률을 높일 수 있는 것으로 되어

있다. 또한, 제조 시의 골재의 가열온도가 낮기 때문에 다스트의 발생량이나 제조 시의 아스팔트의 노화를 줄일 수 있는 점 등이 열거되고 있다. 나아가 제조 시의 설정온도를 너무 낮게 하지 않으면 한냉기 시공 시기의 연장 및 운반거리나 작업시간의 연장도 될 수 있는 것으로 되어 있다. 또한, 재생골재의 혼입률에 관해서는 HMA에의 재생골재 혼입률이 일본만큼 높지 않기 때문에 이와 같은 이점이 열거되고 있는 것으로 추정된다.

포설 시에 관한 이점은 일본과 같으나 혼합물의 온도를 저감함으로써 작업환경과 연도환경을 개선하는 것도 될 수 있어 작업환경 등의 개선효과의 평가가 이루어지고 있다.

2.2 실적

중온화기술은 1990년대 후반에 일본과 유럽에서 개발되어 시험시공 등이 시행되었으나 미국에서는 약간 늦어 2004년에 시험시공되고 있다.

각종 아스팔트 혼합물의 연간제조량에 대하여 유럽 아스팔트포장협회의 통계에 의하면 2009년과 2010년에 중온화 아스팔트 혼합물의 자료가 있으며, 유럽 29개국 중 10개국에서 제조실적이 있다. 중온화 아스팔트 혼합물의 제조량이 가장 많은 나라는 스페인이며 다음으로 프랑스로 되어 있고, 연간제조량은 일본이 12만t 정도인데 비하여 두 나라 모두 100만t 정도로 되어 있다. 또한, 연간제조량은 적지만 (1,000만t 미만), 중온화 아스팔트 혼합물의 제조비율이 높은 나라도 있고, 핀란드 16%(제조량 80만t), 스위스 15%(제조량 78만t), 스웨덴 8%(제조량 60만t)로 되어 있다. 또한, 영국이나 네델란드 그 밖의 5개국의 제조실적은 50만t 미만이며 독일은 자료가 없다. 유럽에서 중온화기술의 도입·보급에 관해서는 나라별로 편차는 있으나 2008년 3월에 발표된 아스팔트 혼합물의 유럽규격(EN 13108-1~7)에는 중온화기술에 관한 규정이 나와 있다.

일본과 중온화 아스팔트 혼합물의 제조가 많은 스

페인과 프랑스에 미국을 아올은 2010년의 중온화 아스팔트 혼합물의 제조비율을 나타낸 것이 그림 1이다. 일본의 제조비율은 0.3%로 이들 3개국에 비하여 대단히 적은 비율로 되어 있다. 미국에서는 13%가 중온화 아스팔트 혼합물이며 일본의 전체 제조량(4,500만 정도)에 필적한다.

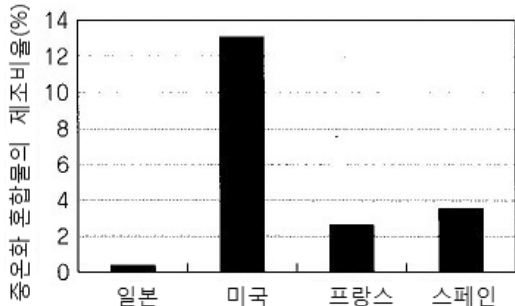


그림 1. 2010년에 중온화 혼합물의 제조비율

미국에 착안하면 중온화 아스팔트 혼합물은 17개 주에서 일반적인 혼합물로서 쓰이고 있고, 다른 33개 주에서도 시험시공 등에서 적용을 검토하고 있다. 또한, 2011년 말까지는 중온화기술을 규격화한 주는 40개 주에 이른다.

미국에서 발주기관별 중온화 아스팔트 혼합물의 제조출하량을 그림 2에 나타낸다. 중온화 아스팔트 혼합물은 제조량의 50% 이상이 주 도로국 발주의 포장공사에 사용되며, 그 밖의 공적기관도 포함하면 75% 정도가 공공공사에 적용되고 있다. 또한, 중온화기술의 중별마다의 적용비율을 그림 3에 나타낸다.

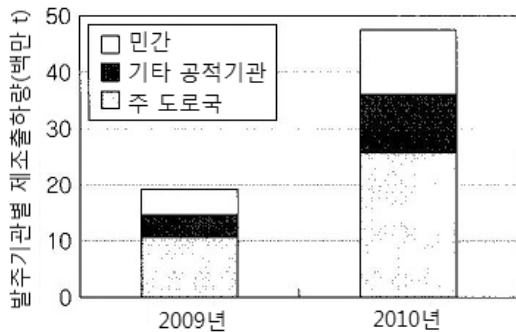


그림 2. 중온화 혼합물의 발주기관별 제조출하량(미국)

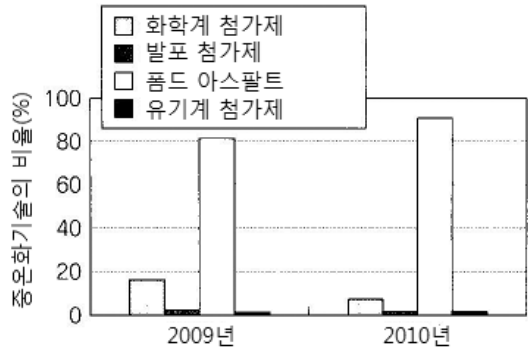


그림 3. 중온화 혼합물의 제조에서 적용되고 있는 중온화기술의 비율(미국)

미국에서는 폼드 아스팔트에 의한 중온화기술이 많이 사용되며 화학계 첨가제 및 유기계 첨가제를 사용한 것은 비교적 적은 경향으로 되어 있다. 다만, 중온화 아스팔트 혼합물의 내수성(耐水性) 등에 관해서는 첨가제 방식의 중온화기술을 포함한 연구가 관학에서 시행되고 있으며, 또한 장기공용성에 관해서도 산관학(産官學)을 통털어 취급하고 있다.

3. 일본에서 보급확대를 위하여

일본에서 중온화기술의 보급확대를 위한 전망을 아래에 나타낸다.

“그린 구입법”에 근거하여 특정조달품목의 중온화 아스팔트 혼합물에서는 현재로서는 재생 가열 아스팔트 혼합물 및 포러스 아스팔트 혼합물은 아직 실적이 적기 때문에 적용 외로 되어 있다. 현재, 시험시행 공사 등에서 이들 혼합물의 실제 도로에서의 검증이 진행되고 있는 중이나, 특히 재생 가열 아스팔트 혼합물은 일본에서 가열 아스팔트 혼합물의 제조량에서 차지하는 비율이 많고, CO₂ 배출총량의 저감의 관점에서 해당 혼합물로의 신속한 적용이 도모되기를 기대하고자 한다.

또한, 현재 일부 지역을 제외하고 활용되고 있는 아스팔트 혼합물 사전심사제도에 중온화 아스팔트

