

미국의 중온 아스팔트 기술 인증 프로그램

National Warm-Mix Asphalt Certification Program in the United States

김용주* · 이호신** · 황성도*** · 권수안****

Kim, Yong-Joo · Lee, Ho-sin · Hwang, Sung-Do · Kwon, Soo-Ahn

1. 서론

2002년 중온 아스팔트 기술이 미국에 처음으로 소개되고 2004년 현장에 시험시공이 이루어진 후 다양한 중온 아스팔트 기술이 미국 전 지역에 실용화되고 있다. 대부분에 주 교통국에서는 주 정부 발주 공사에 중온 아스팔트 기술을 적용할지 여부를 결정하기 위하여 중온 아스팔트 혼합물에 시험시공을 수행했으며 시험시공결과 중온 아스팔트 혼합물이 가열 아스팔트 혼합물과 비교하여 연료사용량과 유해 배출가스를 줄여주는 것으로 나타났으며 중온 아스팔트 콘크리트 포장에 조기강도와 공용성은 가열 아스팔트 콘크리트 포장과 유사한 경향을 보여주었다(1). 현재까지, 미국에는 약 15 종류에 중온 아스팔트 기술이 상용화되어 있으나 시험포장은 일부 특정 중온 아스팔트 기술에 한정되어 시공되고 있다. 대부분에 주 교통국에서는 실내시험 결과나 시험시공 실적이 없는 중온 아스팔트 기술에 대해서는 사용을 허가하지 않고 있으며 “approved list”에 포함되지 않은 중온 아스팔트 기술은 주 정부에서 발주하는 공사에서 제외하도록 하고 있다. 초기에 개발된 중온 아스팔트 기술을 제외하고 최근에 새로이 개발된 중온 아스팔트 기술은 개발회사에서 시험시공을 계획하고 그 결과물들을 정리하여 주 교통국에 제출하여 중온 아스팔트 기술에 사용 승인을 요청하고 있으나 사용 승인마저도 불확실한 상황이다. 이러한 중온 아스팔트 기술에 시험시공과 성능평가 과정에서 많은 시간과 예산이 소요되고 있는 실정이다. 대부분에 주 교통국에서는 검증되지 않은 중온 아스팔트 기술에 대한 시험시공과 성능평가를 특정한 검증기관에서 인증 프로그램으로 만드는데 관심을 나타냈으며 이러한 인증 프로그램에 비용은 모두 중온 아스팔트 기술을 개발한 회사에서 부담하는 것이 타당하다고 제안하였다. 이러한 주 교통국에 의견을 수렴하여 국립 아스팔트 기술센터 (NCAT)에서는 NCAT에 포장 가속 시험 주행도로와 실험시설을 사용하여 중온 아스팔트 기술에 대한 인증 프로그램을 만들고자 제안하였다 (2). 이미 10개 주 교통국에서는 NCAT에서 중온 아스팔트 기술에 대한 인증 프로그램을 통해 평가한 자료를 사용하여 주 정부에서 발주하는 포장공사에 중온 아스팔트 기술에 사용 여부를 결정하기로 동의하였다. 본 연구에서는 NCAT에서 제안한 중온 아스팔트 기술 인증 프로그램에 대한 내용을 소개하고 국내에서 준비하고 있는 “저탄소 아스팔트 혼합물에 생산 및 시공 잠정 지침(안)”에 대한 내용을 소개하고자 한다.

2. 인증 프로그램의 필요성에 관한 설문조사

최근, NCAT에서는 31개 주 교통국을 대상으로 중온 아스팔트 기술에 인증 프로그램에 필요한 평가방법과 평가내용에 대한 설문조사를 실시하였다(2). 먼저, 10개 주 교통국에서는 NCAT에 시험 주행도로에서 얻은 공용성 자료를 사용하여 중온 아스팔트 기술에 사용여부를 결정하기로 동의하였다. 21개 주 교통국에서도 인증 프로그램을 통해 얻은 평가자료와 사용재료에 따라 중온 아스팔트 기술에 사용여부 결정할 수 있다는 답변을 받았다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 주 교통국에서는 중온 아스팔트 혼합물에 사용하는 골재에 대한 품질평가 중 가장 중요한 항목으로 박리에 대한 저항성을 선택하였으며 중온 아스팔트 혼합물에 성능평가 중 가장 중요한 항목으로 수분 민감도와 소성변형 저항성을 선택하였다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · 공학박사 · 031-9100-248(E-mail:yongjook@kict.re.kr)

** 정회원 · University of Iowa Professor · 공학박사 · +1-319-335-6818(E-mail:hlee@engineering.uiowa.edu)

*** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학박사 · 031-9100-180(E-mail:sdhwang@kict.re.kr)

**** 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 공학석사 · 031-9100-174(E-mail:sakwon@kict.re.kr)

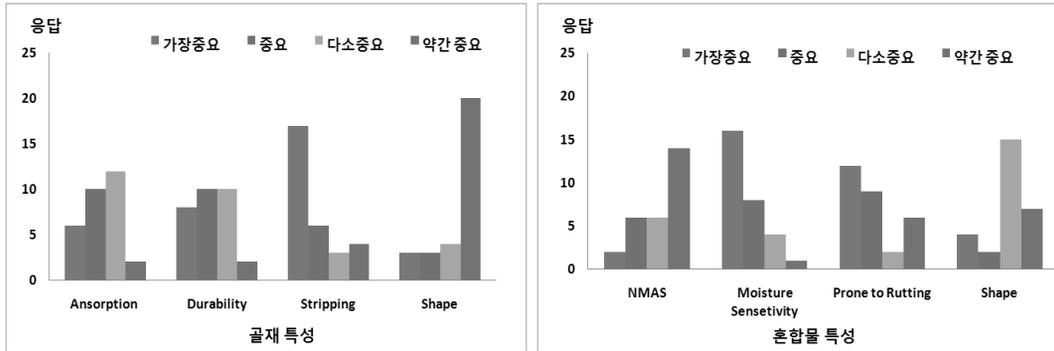


그림 1. 골재 품질 평가항목(좌)와 혼합물 성능 평가항목(우)에 대한 설문조사 결과

그림 2에 나타낸 것처럼, 중은 아스팔트 콘크리트 포장에 가속 시험 주행도로에서 시공할 경우 측정해야 할 항목으로는 모든 주 교통국에서 반드시 밀도를 측정해야 한다고 답변했으며 소성변형, 균열, 평탄성 순서로 설문에 답변하였다. 많은 주 교통국에서는 위에 4가지 항목이외에 수분손상, 라벨링 등에 대한 항목을 추가해야 한다고 제안하였다. 인증 프로그램에 포함되어야 하는 실내시험으로는 중은 아스팔트 혼합물에 수분 민감도를 평가할 수 있는 AASHTO T 283과 중은 아스팔트 혼합물에서 추출한 아스팔트에 공용성 등급(PG) 시험에 대한 항목이 반드시 있어야 한다고 답변하였다. 그 이외에 균열시험, 혼합물에 체적특성, 골재특성에 대한 내용이 명시되어야 한다고 답변하였다.

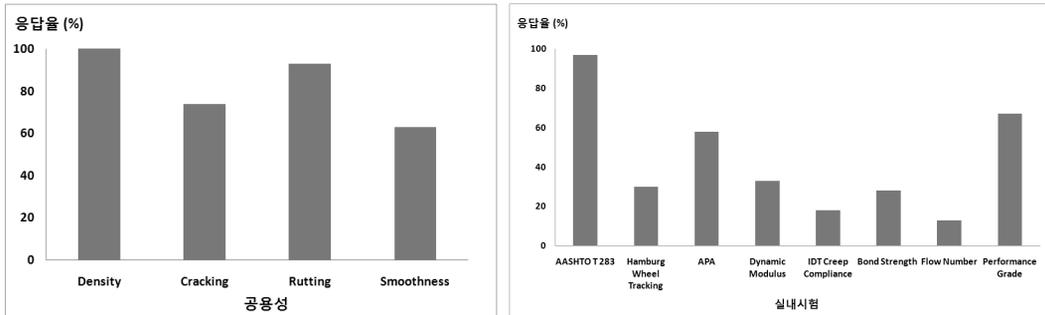


그림 2. 공용성 평가항목(좌)과 실내시험 평가항목(우)에 대한 설문조사 결과

주 교통국을 대상으로 실시한 설문조사 결과, 중은 아스팔트 기술에 대한 인증 프로그램은 주 교통국이 주 정부 발주 공사에 대해 검증된 중은 아스팔트 기술을 선택하여 사용할 수 있도록 하는데 반드시 필요한 것으로 조사되었으며 대부분에 주 교통국에서는 수분손상에 대한 중은 아스팔트 혼합물에 저항성은 반드시 평가해야 한다고 제안하였다.

3. 인증 프로그램의 구성

중은 아스팔트 기술에 대한 인증 프로그램에 주요목적은 최근에 개발되거나 앞으로 개발되는 중은 아스팔트 기술에 대한 객관적이며 공정한 평가자료를 중은 아스팔트 기술 개발 회사에 제공하는 것이며 각 주 교통국에서는 인증 프로그램을 통해 평가받은 자료에 근거하여 중은 아스팔트 기술에 사용여부를 결정한다. 이 인증 프로그램에는 혼합물 배합설계, 혼합물 생산 및 시공, 재료에 품질평가, 현장 공용성 평가 등이 포함되어 있다.

3.1 배합설계

중온 아스팔트 혼합물에 배합설계는 AASHTO M 323, AASHTO R 35와 “NCHRP 09-43: Mix Design Practices for Warm Mix Asphalt”에 따라 수행하며 기준에 슈퍼패브 배합설계 절차에 다음과 같은 4 가지에 항목이 추가로 평가된다. 1) 아스팔트 노화지수 결정, 2) 코팅 평가, 3) 다짐도 평가, 4) 동적크리프 시험 수행.

중온 아스팔트 배합설계 시 특정한 공정이 필요한 중온 아스팔트 기술은 기술을 개발한 회사에 의견을 따르며 박리 방리제의 사용 여부도 중온 아스팔트 기술을 제공하는 회사의 결정에 따르도록 한다. 모든 중온 아스팔트 혼합물에 배합설계는 골재 공칭 최대치수가 9.5mm인 슈퍼패브 혼합물을 생산하여 5 million ESALs 교통량에 설계 선회 다짐회수인 65회를 적용하여 실시한다. 만약, 중온 아스팔트 기술 인증 프로그램에 의뢰한 의뢰인이 배합설계 후 결과가 만족스럽지 않을 경우 포장가속시험과 실내시험은 취소할 수 있다.

3.2 포장 가속 시험

포장 가속 시험에 목적은 중온 아스팔트 콘크리트 포장이 가열 아스팔트 콘크리트 포장과 비교하여 현장 작업성과 공용성에서 어떠한 특성을 나타내는지 비교·평가하기 위해 실시한다. 배합설계가 끝난 중온 아스팔트 혼합물은 NCAT에 포장 가속 시험 주행도로에 포장두께 4cm에 덧씌우기로 중온 아스팔트 콘크리트 포장과 가열 아스팔트 콘크리트 포장을 동시에 실시하여 현장 작업성과 공용성을 평가한다. NCAT에 포장 가속 시험 주행도로에 시험시공을 통하여 제공되는 자료는 다음과 같다. 1) 골재 함수비, 2) 혼합물 함수비, 3) 생산온도, 4) 수송거리, 5) 도착온도, 6) 포설온도, 7) 포장온도 변화율, 8) 코어 샘플로부터 밀도, 9) 표면거칠기.

NCAT에 포장 가속 시험 주행도로에 시공한 중온 아스팔트와 가열 아스팔트 콘크리트 포장은 1년 동안 공용 후 소성변형, 균열, 표면 거칠기 등은 매주마다 주기적으로 측정하며 4개월 마다 코어샘플을 채취하여 수분으로 인한 포장의 손상여부를 평가한다.

3.3 실내 시험

실내시험은 포장 가속 시험 주행도로에 시험포장을 위해 플랜트에서 생산한 중온 및 가열 아스팔트 혼합물을 사용하여 수행하며 플랜트에서 생산한 아스팔트 혼합물에 품질관리를 위해 기본적으로 공극율, 아스팔트 함량, 입도 등에 대한 품질평가를 함께 실시한다. 실내에서 중온 아스팔트 혼합물에 대한 성능을 평가하기 위해 다음과 같은 실내 시험을 수행한다. 1) 수분민감도 시험, 2) 휠트래킹 시험, 3) Asphalt Pavement Analyzer Rut 시험, 4) 동적크리프 시험, 5) 간접인장 크립 컴플라이언스 시험, 6) 접착 전단강도, 7) 동탄성 계수 시험, 8) 반사균열 및 피로균열 시험, 9) 아스팔트 PG 시험.

3.4 소요 기간

중온 아스팔트 기술 인증 프로그램에 소요되는 기간은 총 18개월이다. 처음 3개월 동안 실내 배합설계를 수행하고 포장 가속 시험 주행도로에 시험포장을 완료한다. 시험포장을 위해 플랜트에서 생산된 중온 아스팔트 혼합물은 품질관리를 위한 시험을 수행하고 공용성 평가를 위한 다양한 실내시험을 수행한다. 12개월 동안 5 million ESALs과 동일한 수준에 교통하중을 포장 가속 시험 주행도로에 운행시켜 매주마다 포장에 공용성을 평가한다. 마지막 3개월 동안 포장 가속 시험 주행도로에 최종 공용성을 분석하여 평가하고 최종 보고서를 제출한다.

4. 국내 중온 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침 (안) 요약

국내에서는 2006년 국가 연구사업에 일환으로 중온 아스팔트 기술 개발에 대한 연구가 처음으로 시작되었으며 2008년도에 국내에서 개발한 첨가제를 사용하여 최초로 중온 아스팔트 콘크리트 포장에 대한 시험시공을 실시하였다. 현재까지 6 곳에 국도 신설도로구간에 중온 아스팔트 콘크리트 포장을 성공적으로 시공하였으며 단기 및 장기 공용성을 평가하고 있다. 현재, 국토해양부에서는 “저탄소 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 잠정지침 (안)”을 준비하고 있다. 이 지침(안)은 1) 품질기준, 2) 배합설계, 3) 생산, 4) 시공, 5) 품질검사로 구성되어 있다. 표 1은 저탄소 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 잠정지침 (안)에 명시된 주요사항을 정리한 것이다.



표 1. 저탄소 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 잠정지침 (안)에 주요 내용⁽³⁾

구 성	주요내용
1. 품질기준 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> ● 중온 첨가제: 3 가지 등급으로 분류하여 사용 (W64, W70, W76) ● 아스팔트: 침입도 등급 60-80, 80-100 두 종류만 사용 ● 골재: 편장석율을 고려한 골재에 등급 적용, 단립도 골재 시용 ● 입도: 가열 아스팔트 혼합물과 동일 (표층, 중간층, 기층) ● 혼합물: 체적특성, 마찰 안정도 (또는 변형강도), 간접인장강도, 터프니스, 인장강도비, 동적안정도
	<ul style="list-style-type: none"> ● 마찰 배합설계 (수퍼패이브 배합설계도 가능)
2. 배합설계	<ul style="list-style-type: none"> ● 혼합 최고온도 (W64@130℃, W70@135℃, W76@140℃) ● 다짐 최고온도 (W64@115℃, W70@120℃, W76@125℃)
	<ul style="list-style-type: none"> ● 최소 1000kg이상의 생산능력을 갖춘 배치식 플랜트 사용
3. 생산	<ul style="list-style-type: none"> ● 건식방법과 습식방법 모두 적용 ● 혼합온도는 규정온도에서 ±10℃의 범위, 혼합물 생산온도는 규정온도에서 ±15℃의 범위까지 허용 ● 현장다짐은 머캐덤 롤러 왕복 3회, 타이어 롤러 왕복 3회, 탄뎀 롤러 왕복 4회 적용 ● 다짐온도
	<ul style="list-style-type: none"> ● 일반: 1차다짐 (110℃~130℃), 2차다짐 (90℃~115℃), 3차다짐 (60℃~100℃) ● 하절기 (6월~8월): 1차다짐 (100℃~120℃), 2차다짐 (80℃~115℃), 3차다짐 (60℃~100℃) ● 동절기 (11월~3월): 1차다짐 (120℃~140℃), 2차다짐 (100℃~125℃), 3차다짐 (60℃~100℃)
4. 시공	<ul style="list-style-type: none"> ● 코어샘플을 채취하여 아스팔트 함량, 입도, 다짐밀도, 이론최대밀도 측정
	<ul style="list-style-type: none"> ● 저탄소 아스팔트 혼합물의 밀도 및 두께측정은 1일 1회 이상, 포설 1층 당 최소 3,000㎡ 마다 실시 ● 시공완료 후 평탄성 측정

5. 결 론

중온 아스팔트 기술은 짧은 개발역사에 비하여 전 세계적으로 엄청나게 빠른 속도로 현장에 적용이 되고 있다. 해마다 새로운 중온 아스팔트 기술이 개발되고 있으나 개발된 기술에 대한 검증이나 평가와 관련된 기준이 마련되어 있지 않아 중온 아스팔트 기술을 선택하여 사용하는데 한계를 나타내고 있다. 최근, 미국에 국립 아스팔트 기술 센터 (NCAT)에서는 NCAT에 포장 가속 시험 주행도로와 실험시설을 사용하여 중온 아스팔트 기술에 대한 인증 프로그램을 만들고자 제안하였고 이미 10개 주 교통국으로부터 인증 프로그램에 대한 동의를 얻었으며 앞으로 더 많은 주 교통국이 참여할 것으로 예상하고 있다. 국내에서도 “저탄소 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 잠정지침(안)”을 준비하고 있으며 내년에는 설계용역이나 건설공사에 적용할 예정이다. 하지만, 제한적인 실내시험과 시험시공 축적으로 인해 앞으로 더 많은 실내시험과 시험시공을 통하여 지침(안)이 보완되어야 할 것으로 판단되며 NCAT에서 제안한 것과 유사한 중온 아스팔트 인증 프로그램을 국내에 도입하여 저급에 중온 아스팔트 기술이 국내 아스팔트 시장에 진입하지 못하도록 해야 할 것이다.

참고 문헌

1. 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.
2. Kvasnak, A., Powell, B. and West, R. (2010) National Warm Mix Asphalt Certification. National Center for Asphalt Technology.
3. 권수안, 황성도, 김용주, 정규동, 김영민, 영성린. (2010) 저탄소 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 잠정지침 (안). 국토해양부.