

재생 아스팔트 콘크리트의 이해와 발전방향

Understanding and Development Direction of Recycled Asphalt Concrete



류진광 Jin-Gwang You
 (주)중앙아스콘 품질관리부
 부장
 E-mail : myfishs@hanmail.net

도로 포장은 일반적으로 아스팔트 콘크리트 포장과 시멘트 콘크리트 포장으로 구분된다. 이 중에서 아스팔트 콘크리트 포장은 시멘트 콘크리트 포장보다 유동성과 탄력성이 높아 주행성이 우수하고 소음이 적게 발생하며 부분적인 유지보수가 용이한 특성을 가지고 있기 때문에 90% 이상이 아스팔트 콘크리트 포장되었다. 이러한 아스팔트 콘크리트 포장은 1960년대 경인·경부 고속도로 건설공사를 시작으로 본격적으로 진행되었고, 급속한 경제 발전과 생활수준의 향상으로 매년 도로 연장이 증가하여 2013년 기준으로 105,702 km까지 증가하였다. 이 과정에서 88,183 km가 포장도로로 2010년 도로 보수 길이는 총 76,679 km로 보수비용은 2.2조 원이 되었으며 이중 포장 보수비용은 연간 4,200억 원(국토해양부, 2010년 도로보수비용 현황)에 이르며 이러한 유지보수 비용도 지속적으로 증가되고 있지만, 재활용에 대한 의지가 약했기 때문에 선진국과는 달리 고부가가치의 제품이 아닌 성토재, 복토재, 매립재 등으로 사용되고 있고, 최근 몇 년전부터 이러한 문제점에 대해 인식한 이후 환경부에서는 2020년까지 폐아스콘발생량의 50% 이상을 재생 아스콘으로 재활용하는 계획을 추진 중에 있다. 따라서 본 특집호에서는 이를 위한 기술 개발이 다양하게 이루어지고 있으며 이번 특집호에서는 재생 아스팔트 콘크리트의 적극적인 재활용을 위한 기술개발 방향과 현재 업계의 현황을 소개하자 하며, 이에 대한 성능평가는 한국건설생활환경시험연구원을 통해 실시된 결과물이다.

1. 재생 가열 아스팔트 콘크리트의 현황

건설폐기물의 발생현황과 관련된 자료를 살펴보면 70~80년대의 경제성장과 더불어 다양한 기반 시설 및 주거지 조성을 위한 건설공사의 급격한 증가로 인해 30~40년이 지난 현재 물리적 수명뿐



그림 1. 도로의 균열 형상 및 파손

만 아니라 경제적 수명 등에 따라 하루에 약 35,000 톤이 나 되는 엄청난 양의 폐아스팔트 콘크리트가 발생하고 있으며(환경부, 한국환경공단, 전국 폐기물 발생 및 처리 현황, 2013년도), 이 양은 대형 덤프트럭 기준으로 1,400 대이며, 만약 8m 도로폭을 갖는 일반도로를 0.2m 두께로 포장한다고 치면, 약 13.7km를 포장할 수 있는 물량으로 그 발생현황이 생각보다 많다.

이렇게 발생된 폐아스팔트 콘크리트를 다시 아스팔트로 재활용하는 방법으로 최근까지도 아스팔트 노화로 연성을 상실한 폐아스콘 순환골재를 그냥 단순하게 가열하는 방식을 사용하여왔기 때문에 일반적으로 아스팔트 콘크리트 용 순환골재 혼입률이 증가함에 따라 다짐도 및 유동성이 감소하여 물리·역학적 특성이 상당히 저하하는 경향을 보이는 것으로 알려져 있다. 또한, 이러한 아스팔트 포장은 폭설, 집중호우 등 이상기후와 차량통행량 증가, 포장의 노후 등의 원인으로 인해 파손이 일어나고 있으며, 대표적으로 고온 관련 손상인 소성변형(Rutting), 저온 또는 노화관련 손상인 균열(Cracking), 노화 및 박리 관련손상인 포트홀(Pot hole)이 있다.

2. 가열 아스팔트 콘크리트의 개발 방향

2.1 국내·외 관련 기술의 개발 동향

2.1.1 국내 관련 기술 개발 동향

현재의 가열 아스팔트 콘크리트의 품질로는 상기에서 언급한 도로의 균열이나 파손 등과 같은 하자가 발생하기 때문에 이를 극복할 수 있는 개질 아스팔트콘크리트에 대한 연구가 진행되고 있으며, 에폭시 아스팔트, 아스팔트 혼합물의 내유동성 및 내구성 향상을 증진할 수 있는 SBS 및 SBR 계통의 폴리머, 캄크리트나 길소나이트 및 CRM 등의 개질제, SMA 및 투수 아스팔트 혼합물 등에 대한 기

술을 도입하거나 국내 개발로 각종 현장에 적용되고 있다.

2.1.2 국외 관련 기술 개발 동향

아스팔트 콘크리트 포장은 탄력성, 가소성이 풍부하나 낮은 강도와 수밀성, 내유성, 내열성 및 내후성 등이 떨어져 포장파괴의 원인이 되며, 마찰 저항도 작은 단점이 있다. 이와는 다르게 시멘트 콘크리트 포장은 강성이 크나 탄성이 부족해 팽창, 수축, 크리프 등의 균열발생이 쉬우며 신축이음이 필요하고 공사비용도 증가되는 단점이 있다. 따라서 반강성 포장 아스팔트 포장은 아스팔트 콘크리트와 시멘트 콘크리트 포장의 단점을 동시에 해결할 수 있는 기술로서 국내외에서 많은 연구가 진행되고 있다.

이러한 반강성 포장 아스팔트에 있어 에폭시 아스팔트는 아스팔트에 에폭시를 첨가하여 일반아스팔트 대비 수밀성과 내마모성, 내약품성, 강성이 뛰어난 아스팔트로 이를 교면포장에 사용할 경우 일반 아스팔트 포장보다 얇은 두께로 시공이 가능하여 교량 자체의 하중을 줄일 수가 있고, 상판과의 접착성, 소성변형 및 휨, 진동에 대한 저항성이 우수하다는 장점이 있어 선진국에서 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 이러한 기술의 효과는 경제적이고 재활용이 가능한 고내구성 아스팔트 콘크리트 기술은 부가가치가 큰 기술로서 선진국에서 이의 기술이전을 꺼리고 있는 실정이다.

2.2 아스팔트 포장 하자 및 하자 방지 재료의 특성

2.2.1 아스팔트 하자의 종류 및 특성

(1) 균열

균열은 축하중에 의한 응력, 아스팔트 혼합물 층의 온도변화 혹은 하부층의 수분 및 온도변화를 포함하는 여러 가지 원인에 의해서 일어난다. 이러한 균열의 형태는 피로균열(Fatigue cracking), 저온 균열(Low temperature cracking), 방향 균열(longitudinal cracking), 블록형 균열(block cracking), 반사균열(reflection cracking) 반사 균열, 미끄럼 균열(slippage cracking)미끄럼 균열 등이 있으며, 이러한 균열을 통해 물이 침투되면 아스팔트는 반

드시 수분손상을 입게되는 특성을 갖는다.

(2) 변형

변형(Distortion) 파손은 포장의 모양 혹은 포장층이 영구변형으로 남는 특성이 있으며, 그 종류로는 소성변형(rutting), 밀림(shoving) 그리고 코루케이션(corrugation) 등이 있다. 지방도로에서 변형의 가장 일반적인 형태는 주행위치의 소성변형이다. 그러나 시가지 지역 및 평면교차로에 중차량의 서행 혹은 수시 정지하는 경우 소성변형과 밀림이 발생한다. 불안정한 가열 아스팔트 혼합물이 평면교차로에 포설 되었을 경우 코루케이션(Corrugation) 혹은 파형이 나타난다.

(3) 분리(Disintegration)

포장의 분리(Disintegration)는 포장구조의 결함이다. 그것은 보통 개별조각의 손실 혹은 가열 아스팔트 혼합물이 떨어져 나가는 경우로 라벨링(Ravelling), 마모손실(Wear loss), 박리(Stripping) 및 포트홀(Pot hole) 형태로 나타난다. 특히 포트홀의 경우 안전사고의 원인이 되는 등 민원이 가장 심한 분야로 그 원인은 공동현상(Cavity), 부적절한 포장배수-간극수압(Pore pressure), 부적절한 다짐, 골재의 과도한 먼지 및 점토코팅, 개립도 마찰층(Open graded friction course)의 사용, 부적절한 골재의 건조, 약하고 깨지기 쉬운 골재의 사용, 약화된 콘크리트 포장에 덧씌우기(Overlay), 방수 멤브레인과 실코트

(Sealcoats)의 사용, 포장층의 배수불량, 피로균열, 종방향 조인트의 다짐불량, 부착력 부족 등 대부분의 원인이 포트홀로 연결될 수 있다.

2.2.2 아스팔트 하자 방지 재료의 특성

(1) 박리방지제

국내·외의 경우, 아스팔트 혼합물의 수분민감성을 최소화하거나 억제하기 위해 소석회(Hydrated Lime) 및 액상 박리방지 첨가제(Liquid Anti - Stripping Agent) 등과 같은 첨가제를 사용하고 있다. 소석회는 아스팔트 혼합물의 강성 및 수분에 대한 저항성을 증가시키고 이를 구성하는 미세 입자는 혼합물 내부에서 확산하여 안정성 및 피로 저항성을 증가시켜 균열을 억제한다.

(2) 개질아스팔트

개질아스팔트는 포장목적(특히 소성변형 저감)을 만족하도록 아스팔트 품질을 변화시킨 아스팔트의 총칭으로서, 아스팔트에 개질재를 혼합한 제품과 HMA(Hot Mix Asphalt : 가열 아스팔트 혼합물)생산 시 아스팔트와 함께 개질재를 투입하는 형태로 구분할 수 있다. 최근 미국의 SHRP(Strategic Highway Research Program)의 연구성과로서 개발된 슈퍼페이브(SUPERPAVE), PMA(Polymer Modified Asphalt)의 종류인 SBS, SBR 등이 대표적인 개질아스팔트로 알려져 있으며, [표 1]에

[표 1] 개질재의 종류

고분자개질재 (Polymer Modifier)	물리적 단순배합 개질재	열경화성 고무	SBR Latex Polychloropren Latex
		열가소성 수지	PE(Poly Ethylene) PP(Poly Prothylene) EVA(Ethylene Vinyl)
	물리, 화학적 혼합 개질재	열가소성중합체(styrene-block-copolymer)	
		SBS(Styrene-Butadiene-Styrene) SIS(Styrene-Isoprene-Styrene) SEBS(Styrene-Ethylene-Buthylene-Styrene)	
재생고무개질재CRM(Crump Rubber Modifier)			
첨가성개질재	천연아스팔트	TLA(Trinidad Lake Asphalt) Gilsonite(아스팔틴 70 % 이상의 미국 유타주 동부 광맥의 천연아스팔트)	
	섬유질 등	Cellulose, Fiber, Carbon Black, Sulfitte, Silicon, Lime	
화학적 개질재	화학촉매재	Chemcrete, 무기산	
	금속촉매재	Fe, Mn, Co, Cu	

나타낸 바와 같이 다양한 개질재가 있다.

(3) 재생첨가제

페아스콘을 재활용하기 위해서는 이미 노화된 페아스팔트의 성상을 복원 시켜주어야 하며, 이를 위해 페아스팔트의 노화 정도에 따라 적정량의 재생첨가제를 주입할 필요가 있다. 이를 위해 아스팔트를 화학적 성분별로 분류하는 방법 중에 크로마토그래피를 이용한 TLC(Thin Layer Chromatography)방식이 편리할 뿐 아니라 분석시간이 짧아 많이 선호되고 있다. TLC 분석방법에 의해 아스팔트를 분류해 보면 [표 2]에 나타낸 바와 같이 4가지 유분으로 구분할 수 있다.

아스팔트 내의 포화탄화수소유분은 비교적 안정된 구조를 갖고 있어 아스팔트의 장기 노화 시에 함량 변화가 상대적으로 적으며, 대신에 주로 방향족 유분이 노화 또는 산화로 인해 레진 및 아스팔틴 성분으로 전환되는 과정을 거치게 된다. 따라서 아스팔트가 노화함에 따라 방향족유분 함량은 급격히 떨어지고 대신에 레진 및 아스팔틴 함량이 높아지는 경향을 가지며, 이중에 특히 아스팔틴 함량 증가율이 크다. 아스팔트 내에서 방향족유분의 함량이 줄고 아스팔틴 함량이 증가하면 아스팔트의 혼합 안정성이 나빠지고, 이에 따라 점도 증가 및 부착성을 나타내는 신도 감소현상이 나타나게 된다. 노화된 페아스팔트의 물성을 복원시키기 위해서는 페아스팔트의 방향족유분 함량을 높이고 아스팔틴 함량을 줄여야 한다. 이를 위해서는 방향족유분을 다량 함유한 재생첨가제를 사용해야 한다. 일부 Soft Asphalt를 재생첨가제 대용으로 사용하는 예가 있으나, 이 경우에는 페아스팔트 물성의 개선 폭이 적거나 오히려 혼합 안정성에 더 나쁜 영향을 줄 수 있다.

[표 2] TLC 분석방법에 의한 아스팔트의 분류

화학적 조성	특성
포화탄화수소유분 (Saturates)	<ul style="list-style-type: none"> • Softener 역할로 아스팔트의 점성에 영향을 줌 • 화학구조상 안정되어 노화에 따른 구조변화 적음
방향족유분 (Aromatics)	<ul style="list-style-type: none"> • 타 유분들과의 혼합안정성(Compatibility)을 유지 • 아스팔트의 점성 및 신도에 영향을 줌
레진(Resins)	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트내 점탄성 및 신도에 영향
아스팔틴 (Asphaltenes)	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트의 저장 및 혼합안정성과 탄성에 영향을 줌

3. 개질 재생 가열 아스팔트 콘크리트의 개발

위에서 기술한 바와 같이 현재 가열 재생 아스팔트 콘크리트의 개발 방향은 기존의 아스팔트 콘크리트가 감당하기 어려운 과적차량, 기후 변화 등에 따른 부하를 감당할 수 있는 개질아스팔트 콘크리트가 대체를 이루고 있다.

이에 중앙아스콘(주)에서 개발한 기술의 목적은 순환골재의 재활용률을 높이고 기존 재활용 가열 아스팔트 혼합물의 문제점을 해결하기 위해 1등급 단입도 골재와 편장석 함유량을 최소화한 페아스팔트 콘크리트용 순환골재, 재생첨가제, 개질첨가제, 분산제 및 박리저감제가 혼합된 형태인 PCM(Polymer Control Material)의 최적 배합을 통해 재활용 가열 아스팔트 혼합물의 품질향상을 도모하고자 하였으며, 신재 개질 아스팔트 콘크리에 비해서는 그 품질이 다소 부족하지만 일반적인 신재와 비교하여 그 품질이 우수할 정도의 재생 개질 아스팔트를 만드는 것을 목적으로 하였으며, 이를 정리하면 아래의 그림과 같다.

3.1 혼합물의 배합설계 및 사용재료

혼합물의 종류와 사용재료에 대해서는 [표 3]과 같으며, 개발제품과의 성능에 대한 우수성을 알아보기 위해 일반적으로 사용되고 있는 4가지의 비교제품을 선정하여 함께 실험을 실시하였다.

3.1.1 골재

본 성능평가에 사용된 골재는 '아스팔트 혼합물용 굵은



그림 2. 기술의 개발의 목적 및 중요성

[표 3] 혼합물 제작 사용재료 및 표기 방법

구분	혼합물 종류	사용 재료	골재 합성비(%)	원자재 배합비(%)	비고	표기 방법		
골재 최대 입자 크기 13mm	(비교 제품) 가열 아스팔트 혼합물 (표층용, WC-2)	굵은골재 78호	43	40.5	-	WC-2		
		부순 잔골재 No.4	55	51.9	-			
		아스팔트 포장용 채움재	2	1.9	회수더스트 사용량 : 30%			
		스트레이트 아스팔트(60 ~ 80)	-	5.7	-			
		계	100	100	OAC = 5.7%			
	(비교 제품) 단입도 가열 아스팔트 혼합물 (표층용, WC-2)	굵은골재 7호	38	35.8	-	S-WC-2		
		부순 잔골재 No.4	60	56.6	-			
		아스팔트 포장용 채움재	2	1.9	회수더스트 사용량 : 30%			
		스트레이트 아스팔트(60 ~ 80)	-	5.7	-			
		계	100	100	OAC = 5.7%			
	(비교 제품) 재활용 가열 아스팔트 혼합물 [밀입도 아스팔트 콘크리트]	굵은골재 78호	35	33.4	-	2-13		
		부순 잔골재 No.4	36	34.4	-			
		순환골재 13mm 이하	골재 구재 아스팔트	27	25.6		25.8	24.4
					1.4			
		아스팔트 포장용 채움재	2	1.9	회수더스트 사용량 : 30%			
		스트레이트 아스팔트(80 ~ 100)	-	4.5	-			
		계	100	100	OAC = 5.9%			
	(비교 제품) 단입도 재활용 가열 아스팔트 혼합물 [밀입도 아스팔트 콘크리트]	굵은골재 7호	30	28.7	-	S-2-13		
		부순 잔골재 No.4	41	39.2	-			
		순환골재 13mm 이하	골재 구재 아스팔트	27	25.6		25.8	24.4
		1.4			1.4			
아스팔트 포장용 채움재		2	1.9	회수더스트 사용량 : 30%				
스트레이트 아스팔트(80 ~ 100)		-	4.5	-				
계		100	100	OAC = 5.9%				
(개발 제품) 재활용 가열 아스팔트 혼합물 [밀입도 아스팔트 콘크리트]	굵은골재 7호	33	31.6	-	P-2-13			
	부순 잔골재 No.4	38	36.4	-				
	순환골재 13mm 이하	골재 구재 아스팔트	27	25.6		25.9	24.5	
				1.4				1.4
	아스팔트 포장용 채움재	2	1.9	회수더스트 사용량 : 30%				
	스트레이트 아스팔트(80 ~ 100)	-	4.2	-				
	계	100	100	OAC = 5.6%				
신재 아스팔트 4.2% = 스트레이트 아스팔트 3.4% + PCM 0.8%								

골재 67호', '아스팔트 혼합물용 굵은골재 78호', '아스팔트 혼합물용 굵은골재 6호', '아스팔트 혼합물용 굵은골재 7호', '아스팔트 혼합물용 잔골재 No.4'로 시험 결과는 품질 기준을 모두 충족하였다.

3.1.2 아스팔트 콘크리트 순환골재

본 성능평가에서는 중앙아스콘(주)에서 제조한 편장석을 최소화한 아스팔트 콘크리트 순환골재(13mm 이하)를 사용하였다. 편장석을 최소화하기 위하여 골재 파쇄 및 마모과정을 거치게 되며, 파쇄기는 골재 투입구에 공급

되는 골재를 블레이드가 타격하여 벽면에 부딪히는 과정을 거치도록 함으로써 입형을 원형에 가깝게 제조하였으며, 이에 대한 품질 결과는 [표 4]과 같았으며, 1등급 골재로 확인되었다.

3.1.3 아스팔트 포장용 채움재

본 성능평가에 사용된 아스팔트 포장용 채움재는 석회석 분과 회수 더스트를 각각 질량비로 7대 3으로 혼합한 것으로, 시험 결과는 품질기준을 모두 충족하였다.

3.1.4 스트레이트 아스팔트

본 성능평가에 사용된 스트레이트 아스팔트는 침입도 60-80(AP-5, PG 64-22)와 침입도 80-100(AP-3, PG 58-22)을 사용하였고, 시험 결과는 품질 기준을 모두 충족하였다.

3.2 시험 방법 및 결과

시험방법은 관련 한국산업규격에 따라 실시하였으며, 시험은 한국건설생활환경시험연구원에서 수행하였으며 개

발제품(P-2-13)의 성능과 비교제품의 성능을 요약한 결과는 [표 5]에 나타낸 바와 같으며, 매우 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있었다. 즉 소성변형(Rutting), 균열(Cracking) 및 포트홀(Pot hole)에 의한 포장의 조기 파손 역제를 통한 도로의 설계수명을 확보하여 운전자의 안전성을 보장할 수 있으며, 순환골재의 재활용률을 향상시킨 것으로 나타났다.

4. 결론 및 재생 가열 아스팔트 콘크리트가 나아가야 할 방향

① 단입도 골재인 6호의 편장석률은 3.8%, 7호의 편장석률은 4.1%였으며, 특히 중앙아스콘(주)에서 생산된 편장석률을 최소화한 아스팔트 콘크리트용 순환골재의 편장석률은 2.5%로 1등급 골재 품질인 편장석률 10% 이하를 모두 충족하였다.

② 이론적 최대 밀도 시험결과 단입도 골재를 사용한 아스팔트 혼합물이 일반 골재를 사용한 아스팔트 혼합물 보다 크게 측정되었으며 이는 원재료 시험결과 일반 골재(67호, 78호) 보다 단입도 골재(6호, 7호)의 밀도값이 크기 때

[표 4] 편장석률을 최소화한 아스팔트 콘크리트 순환골재의 시험 결과

구분		품질 기준	시험 결과
구재 아스팔트 함량(%)		3.8 이상	5.2
구재 아스팔트 침입도(25 °C, 1/10 mm)		20 이상	23
씻기 시험에서 손실되는 양(%)		5 이하	2.6
이물질 함유량(%)	유기이물질(부피)	1.0 이하	0.01
	무기이물질(무게)	1.0 이하	0.11
입도 - 각 체를 통과하는 무게 백분율(%)	20 mm	-	100
	13 mm	-	100
	10 mm	-	97
	5 mm	-	83
	2.5 mm	-	64
	0.6 mm	-	32
	0.3 mm	-	20
	0.15 mm	-	14
	0.08 mm	-	10
	편장석률(%)		10 이하

[표 5] 성능평가 종합 결과표

구분		SPS 기준	KS 기준	WC-2	S-WC-2	2-13	S-2-13	P-2-13
이론적 최대 밀도(g/cm ³)		-	-	2,458	2,583	2,511	2,559	2,591
아스팔트 함유율(%)		-	4.5~7.0	5.6	5.6	5.9	5.7	5.5
입도-체 통과 질량 백분율 (%)	20 mm	100-100	100	100	100	100	100	100
	13 mm	95-100	95-100	100	99	100	100	97
	10 mm	84-92	-	90	86	-	-	-
	5 mm	55-70	55-70	58	57	69	57	57
	2.5 mm	35-50	35-50	37	38	42	37	38
	0.6 mm	18-30	18-30	20	20	20	20	20
	0.3 mm	10-21	10-21	14	12	13	14	12
	0.15 mm	6-16	6-16	11	9	10	11	10
	0.08 mm	4-8	4-8	5	7	6	8	7
밀도(g/cm ³)		-	-	2,372	2,494	2,409	2,453	2,484
공극률(%)		3-6	3-6	3.5	3.4	4.0	4.1	4.1
포화도(%)		65-80	70-85	79	79	77	77	76
간극률 (%) - 골재최대치수 13 mm	3.0	13.0	-	16.4	16.8	17.9	17.8	17.4
	4.0	14.0						
	5.0	15.0						
	6.0	16.0						
안정도(N)		5,000 이상	6,000 이상	8,748	10,001	12,804	14,411	17,027
흐름값(1/100cm)		20-40	20-40	26	35	38	31	36
인장강도비		0.75 이상	-	0.77	0.82	0.81	0.85	0.90
수침 후 인장강도 지수		-	0.8 이상	0.79	0.84	0.83	0.84	0.92
동적안정도(회/mm)		750 이상	-	4,515	2,425	3,439	3,574	6,342
간접인장강도(MPa)		0.8 이상	0.8 이상	1.3	1.4	1.3	1.5	1.7
터프니스(N·mm)		8,000 이상	8,000 이상	13,738	12,338	14,767	12,306	15,609
추출 후 침입도(1/10 mm)		55 이상	-	-	-	60	56	64

문으로 판단된다. 개발 제품의 이론적 최대 밀도는 P-2-13이 2,591 g/cm³로 측정되었다.

③ 아스팔트 함유율 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 KS I 3005의 아스팔트 함유율 기준인 4.5~7.0%를 만족하였다. 개발제품의 아스팔트 함유율은 5.5%였고, 최적 아스팔트 함량은 5.6%였다.

④ 추출 후 입도 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 가열 아스팔트 혼합물의 경우 SPS-KAI0002-F2349-5687의 입도 품질 기준을, 재할용 가열 아스팔트 혼합물의 경우 KS I 3005의 입도 품질 기준을 충족하였다.

⑤ 밀도 시험결과 단입도 골재를 사용한 아스팔트 혼합

물이 일반 골재를 사용한 아스팔트 혼합물 보다 크게 측정되었으며, 이론적 최대 밀도와 같은 경향을 보였다. 개발 제품의 밀도는 2,484 g/cm³로 측정되었다.

⑥ 공극률 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687와 KS I 3005의 품질기준 3~6%를 만족하였다. 개발 제품의 공극률은 4.1%로 측정되었으며, 이는 최적 공극률 설계기준 4.0%에 근사한 값이었다.

⑦ 포화도 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687의 품질기준 65~80%, KS I 3005의 품질기준 (70~85)%를 만족하였다. 개발제품의 포화도는 76%로 측정되었다.

⑧ 간극률 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687의 골재 최대치수와 설계 공극률에 따른 품질기준을 만족하였다. 개발 제품의 간극률은 17.4%로 측정되었다.

⑨ 안정도 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687의 품질기준 5,000 N과 KS I 3005의 품질기준 6,000 N을 만족하였다. 개발 제품의 안정도는 17,027 N으로 비교제품과 비교하여 가장 큰 값을 나타내었다. 또한 흐름값 시험결과 비교제품과 개발 제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687와 KS I 3005의 품질기준 20 ~ 40(1/100 cm)을 만족하였으며, 개발제품의 흐름값은 36(1/100 cm)로 측정되었다. 이를 근거로 교통차량의 하중에 의해서 고온에 있어서 유동하거나, 파상의 변형을 일으키는 저항성과 노상·노반의 변형에 순응하여 패인 자국이 생기지 않도록 저항하는 성질인 소성변형 저항력이 비교제품에 비하여 우수함을 확인할 수 있었다.

⑩ 인장강도비(수침 후 인장강도 지수) 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687의 품질기준 0.75 이상, KS I 3005의 품질기준 0.7 이상을 만족하였다. KS F 2398에 따른 시험결과 개발제품의 인장강도비는 0.90였으며, KS I 3005에 따른 시험결과 개발 제품의 수침 후 인장강도 지수는 0.92으로 비교제품과 비교하여 가장 큰 값을 나타내었다. 이를 근거로 아스팔트 피막과 골재 사이의 부착력 및 점착력이 PCM에 의해 강화되었음을 확인할 수 있었으며, 수분손상에 의한 포트홀과 박리 현상에 대한 저항력, 즉 수분민감도가 비교제품에 비하여 우수함을 확인할 수 있었다.

⑪ 동적 안정도 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687의 품질기준 750 회/min 이상을 만족하였다. 개발제품의 동적 안정도는 6,342 회/min으로 비교제품과 비교하여 가장 큰 값을 나타내었다. 일반적으로 SMA 아스콘의 동적 안정도는 (1,000 ~ 3,000) 회/min, SBS PMA 아스콘의 동적 안정도는 (6,000 ~ 8,000) 회/min의 값을 가지는데, 개발제품의 동적 안정도 시험결과를 보면 SBS PAM 아스콘에 근접했음을 확인할 수 있었다. 이를 근거로 편장석을 최소화한 단

입도 골재 사용에 의한 골재 맞물림 효과 및 PCM의 부착력 및 점착력 강화 효과를 확인할 수 있었으며, 반복적인 차륜 하중에 대한 소성변형 저항성이 비교제품과 비하여 우수함을 확인할 수 있었다.

⑫ 간접인장강도 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687과 KS I 3005의 품질기준 0.8 MPa 이상을 만족하였다. 개발제품의 간접인장강도는 1.7 MPa로 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 터프니스 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687와 KS I 3005의 품질기준 8,000 N·mm를 만족하였다. 개발제품의 터프니스는 15,609 N·mm로 가장 높은 값을 나타내었다. 이를 근거로 균열에 대한 저항성이 비교제품과 비교하여 우수함을 확인할 수 있었다.

⑬ 추출 후 침입도 시험결과 비교제품과 개발제품 모두 SPS-KAI0002-F2349-5687의 품질기준 55(1/10 mm) 이상을 만족하였다. 개발제품의 추출 후 침입도는 64(1/10 mm)로 가장 높은 값을 나타내었다. 이근 근거로 재생첨가제, 개질첨가제, 분산제 및 박리저감제가 혼합된 형태인 PCM(Polymer Control Material)의 노화된 페이스팔트의 물성을 복원 시키는 효과가 우수함을 확인할 수 있었다.

도로라는 것은 국민들의 행복한 삶을 추구하기 위한 기본적인 시설로써 국가시설물의 유지관리 비용을 절감시킬 수 있는 SOC 장수명화 기술개발을 통해 매년 발생하는 유지 보수 비용을 절감시킬 필요가 있다. 또한 이미 발생된 폐기물을 단순하게 매립하는 것이 아니라 더 부가각치가 높은 제품으로 upcycling시킴으로써 그 활용도를 높여 환경과 경제성을 모두 확보해야 할 필요성이 있다.

이번 중앙아스콘(주)에서 개발한 제품은 이러한 기술 현실화를 위한 첫단계로써 그 의미가 있다고 보여지며, 이후 지속적인 실증포장을 통해 장기 성능을 검증·개선하여 재생 아스팔트 콘크리트의 신뢰도를 더욱더 높여나가야 할 것이다.

담당 편집위원 : 유명열(동국대학교)