

재생 아스콘의 아스팔트 등급분류 최신현황 소개



노 성 환 | 한국재생아스콘협회 이사
 진 정 훈 | 도화엔지니어링 기술개발연구소 수석연구원
 최 준 성 | 인덕대학교 토목환경설계과 교수

1. 개요

도로포장용 아스팔트 혼합물에 사용되었던 스트레이트 아스팔트(침입도 등급)의 분류 및 품질기준은 1966년 5월 31일 한국산업표준(KS)을 제정한 이래 6회에 걸쳐 개정되어 지금까지 사용하고 있다.

아스팔트 시멘트¹⁾는 침입도에 따라 여러 등급으로 구분하고 숫자가 낮은 쪽(침입도 40~50)은 상온에서 비교적 딱딱한(굳은) 아스팔트의 의미이며, 주로 기온이 높은 지역의 도로포장에 적합하고, 숫자가 큰 쪽(침입도 200~300)의 것은 상온에서 유연한(뭉은) 제품으로 기온이 낮은 지역에 적용되었다.

우리나라 가열 아스콘은 침입도 등급 60~80(AP-5로 호칭)을 주로 사용하고 있으며, 재생아스콘에서 구재 아스팔트 설계침입도 조정을 위하여 침

입도 80~100(AP-3로 호칭)을 사용하고 있다. 오래전 가열 아스콘은 침입도 80~100으로만 사용하였다가 1994년도에 중차량 교통량이 증가하고 여름철 이상기온으로 인한 폭염으로 소성변형이 급증한 이후 추풍령 이남지역에서는 침입도 60~80을, 추풍령 이북지역에서는 침입도 80~100으로 사용하였다가 10여년 전부터 신재료로 생산되는 가열 아스콘은 모두 침입도 60~80을 사용하게 되었다.

그러나 침입도 기준을 만족하는 아스팔트를 사용하여 배합설계한 아스팔트 포장도로의 경우에도 기상이변으로 인한 여름철의 온도 상승과 중차량의 통행량 증대, 과도한 차량정체의 저속주행은 소성변형과 저온균열 등의 포장파손이 이어지고 도로교통하중이나 기후조건을 만족하지 못하는 품질기준으로 평가되어 KS에서는 2012년 5월 1일부터 침입도와 공용성(PG : Performance Grade) 등급을 병행하여 2가지 모두 만족하는 제품을 사용하도록 규정하였다.

또한, 한국도로공사 전문시방서에 공용성등급 분류체계를 도입하고, 국토해양부 재생아스콘 지침에도 공용성등급 적용이 바람직하다는 전문가들의 의

1) 원유를 증류할 때 상압, 감압 증류 장치 등을 통하여 경질분을 제거하고 얻은 역칭 물질로서 상온에서 반고체상태로 되며 이를 스트레이트 아스팔트(straight asphalt)라 부르고, 침입도 40을 넘는 도로포장용으로 사용한 스트레이트 아스팔트는 아스팔트 시멘트(asphalt cement)라고 한다.

견도 있다.

아스팔트 침입도 기준은 25℃에서만 시험을 실시하기 때문에 소성변형이 발생하는 아스팔트 포장 온도인 60℃ 이상의 고온에서는 아스팔트 거동이나 저온에서의 성능을 예측하기 위한 저온 탄성 거동을 파악할 수 없다는 단점을 강조하고 있다.

따라서 침입도 등급에 의한 아스팔트를 적용한다면 아스팔트 혼합물의 품질관리 한계가 발생하고, 고온에서의 점성과 저온에서의 탄성을 가지고 있는 점탄성 재료인 아스팔트가 기후조건과 교통량, 운행속도를 고려한 근본적인 해결점이 필요하다는데 대하여 모두 공감하고 있다.

1999년 미국에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 신도로연구계획(SHRP, Strategic Highway Research Program) 연구를 통해 공용성에 기초한 아스팔트 바인더 등급을 개발하였고 미국재료시험협회(ASTM D 6373) 규격으로 제정하여 미국 전역에 널리 보급되고 있다.

최근 가열아스콘 뿐만 아니라 재생 가열아스콘에도 침입도 등급분류가 아닌 공용성등급이 도입되어야 한다는 의견이 제기되고 있어 발생될 문제점을 짚어보고 실무적인 관점에서 논해 보고자 한다.

2. 아스팔트의 품질등급 분류체계

1888년에 H.C. Brown은 아스팔트의 컨시스턴시를 결정하는 시험장비로 침입도계를 처음으로 개발하였다. 이전의 실험방법은 아스팔트를 씹는(chewing) 방식의 장비를 사용하였으나, 침입도계의 개발로 1910년 이후부터는 25℃에서 반고체 아스팔트의 컨시스턴시를 측정하고 제어하는 가장 일반적인 방법으로 이 장비가 사용되었다. FHWA에서는 1901년에, 그리고 ASTM은 1903년에 이 침입도 시험을 아스팔트의 컨시스턴시를 규제하는 표준시험방법으로 채택하였다.

우리나라도 아스팔트는 침입도 등급 체계를 규정

(KS M 2201)하여 널리 사용하고 있다.

이러한 25℃에서의 아스팔트의 컨시스턴시를 측정하는 경험적 물성인 침입도를 통한 아스팔트의 분류기준을 개선하는 방안으로 1960년대 초에 미국의 FHWA, ASTM, AASHTO, 기업체 및 다수의 주도로국에서는 점도 등급을 사용하기 시작했다. 점도에 의한 아스팔트의 분류방법은 침입도에 비하여 과학적 물성을 기초로 하고 있으며, 시험에서의 점도 기준 온도는 미국 대부분 지역에서의 여름철 포장표면의 최고온도인 60℃를 기준으로 하였다.

그 이후, 다양한 기후 및 적용조건에 적합한 아스팔트를 선택하기 위한 여러 가지 점도 등급이 개발되기 시작하였으며, 1960년대 초에는 캘리포니아 도로국에서 AR 점도등급(parallel aged residue viscosity grade)이 개발되었다. 특히 AR 점도등급은 FHWA에서 권장하고 있는 스트레이트 아스팔트에 대한 점도를 측정하여 적용한 것이 아니고, RTFO시험을 통하여 1차 노화시킨 아스팔트의 점도를 측정하여 적용한 것이다.

이와 같은 기존의 등급체계들의 단점을 보완하기 위하여 미국에서는 1987년부터 5년간에 걸쳐 공용성에 근거한 아스팔트의 물리적 특성을 파악하기 위한 시험법들과 새로운 아스팔트분류기준을 개발하였는데, 이를 공용성 등급(PG : Performance Grade) 체계라고 부른다. 이 규정은 아스팔트가 포설 및 공용기간 동안 겪게 되는 3가지 주요 노화단계를 모사한 조건에서 아스팔트시험을 수행하기 때문에 그 시험결과에 대한 신뢰성이 크며, 또한 아스팔트의 품질등급을 도로포장이 공용될 지역의 환경조건(기후 및 교통하중)에 맞게 선택할 수 있도록 세분화 시켰다는 장점이 있다.

아스팔트의 규격과 관련된 국내의 규정으로 KS M 2201에는 아스팔트의 침입도 분류법이 KS M 2208에는 아스팔트의 점도 분류법(AC 점도등급 및 AR 점도등급)이 규정되어 있으나, 현재 침입도 분류법이 일반적으로 사용되고 있다.

2.1 침입도 등급체계(KS M 2201-2010)

침입도 시험은 포장용 아스팔트의 컨시스턴시(Consistency, 굳기의 정도)를 측정하는 것으로, 규정된 하중, 시간, 온도 하에서 표준침이 아스팔트에 수직으로 침입하는 거리를 1/10mm 단위로 표시하는 침입도라는 물성을 기준으로 아스팔트를 분류하는 체계이다. 현재 25℃에서의 침입도가 아스팔트에 대한 시방규정으로 가장 널리 사용되고 있다.

표 1은 KS M 2201 및 ASTM D 946에 수록되어 있는 침입도 등급을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 침입도 등급은 10가지로 분류되어 있으며, 침입도의 눈금 단위는 0.1mm이다. 여기서 침입도 등급이

낮다는 것은 아스팔트가 더 단단하다는 것을 의미한다. 침입도 등급이 200~300인 부드러운 아스팔트는 추운 지역에 사용되며, 일본 오키나와와 같이 따뜻한 지역에서는 침입도 40~60의 딱딱한 아스팔트를 사용한다. 침입도 규정에서는 스트레이트 아스팔트의 초기노화정도를 제한하기 위하여, 아스팔트 플렌트의 혼합과정을 모사한 박막가열오븐(Thin Film Oven, TFO)시험을 이용하여, 박막가열오븐 시험 이후의 변화된 침입도 물성의 상한치도 규정하고 있다. 그 외에 점탄성을 확인하기 위한 신도, 연화점시험과 아스팔트 취급상의 안전성이나 순도에 대한 기준을 확보하기 위하여 각각 밀도, 인화점 및 톨루엔 가용분에 대한 규정을 두어 아스팔트의 품질을 관리하고 있다.

표 1. 스트레이트 아스팔트 물질

항목 종류	침입도 (25℃)	연화점 ℃	신도		톨루엔 가용분 (무게%)	인화점 ℃	박막가열		증발		밀도	
			(15℃) cm	(25℃) cm			질량 변화율 (무게%)	침입도 잔류율 %	질량 변화율 (무게%)	후의 침입도 비 %		
0~10	0 이상 10 이하	55.0 이상	-	-	99.0 이상	260 이상	-	-	0.3 이하	-	1000 이상	
10~20	10 초과 20 이하		-	5 이상			-	-		-		
20~40	20 초과 40 이하	55.0~65.0	-	50 이상			-	-				
40~60	40 초과 60 이하	47.0~55.0	10 이상	-			0.6이하	58 이상	-	110 이하		
60~80	60 초과 80 이하	44.0~52.0	100이상	-				55 이상	-			
80~100	80 초과 100 이하	42.0~50.0		-				50 이상	-			
100~120	100 초과 120 이하	40.0~50.0		-				-	-			
120~150	120 초과 150 이하	38.0~48.0		-			-	-	0.5 이하	-		
150~200	150 초과 200 이하	30.0~45.0	-	-			240 이상	-	-	-		-
200~300	200 초과 300 이하		-	-			210 이상	-	-	1.0 이하		-

비고 : 도로 포장용 아스팔트의 종류 40~60, 60~80, 80~100 및 100~120에 대하여는 120℃, 150℃, 180℃의 각각 동점도를 시험표에 부기하여야 한다.

침입도 등급은 평균 포장 공용온도와 가장 밀접한 온도인 25℃에서의 아스팔트의 컨시스턴시를 근거로 한 것이다. 이러한 침입도 시험은 실험 수행 시간이 비교적 짧고, 장비의 구입비용도 비교적 저렴하며, 시험방법이 간단하여 현장에서도 손쉽게 이용할 수 있다는 장점을 갖고 있다. 이에 반하여 침입도는 경험적인 시험이기 때문에 아스팔트의 컨시스턴시를 점도와 같은 공학적 단위(Fundamental unit)로 측정할 수 없다는 큰 단점이 있으며, 온도의 변화에 따라 매우 상이한 물성변화를 나타내는 아스팔트의 등급을 단지 25℃의 한 온도에서만 측정된 물성(침입도)을 이용하여 분류하기 때문에 비록 25℃에서는 같은 등급의 아스팔트일지라도 그림 1과 같이 공용

온도가 높고 낮음에 따라 포장의 공용성이 달라질 수 있다는 단점이 있다.

2.2 점도 등급체계(KS M 2208-2007)

아스팔트의 점도에 근거한 등급체계는 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 체계로서, 표 2와 3은 각각 KS M 2208의 1종(ASTM D 3381)과 KS M 2208의 2종(ASTM D 3382) 아스팔트의 60℃에서의 점도등급을 나타낸 것이다.

아스팔트의 점도 시험은 침입도 시험이나 신도 시험과 같은 경험적 시험과는 달리 시험환경의 변화나 시편의 기하학적 형상의 변화에 영향을 받지 않는 절대 단위의 컨시스턴시를 측정하는 기본적인 시험이다. 점도등급체계에서 점도의 표준단위는 poise인 AC-2.5 아스팔트는 동일 온도에서 점도가 4000 poise인 AC-40 아스팔트보다 더 부드러운 특징을 가지고 있다. 이러한 점도 등급에서 현재 미국에서 가장 널리 사용되고 있는 아스팔트 등급은 AC-20이다. 또한, AC-30등급은 최근에 KS M 2208 규정(ASTM D 3382)에 추가된 2종 아스팔트로 이것은 미국 남동부의 몇몇 주에서 사용되고 있는 실정이다. 그 밖의 침입도, 135℃에서 점도, 연화점, 박막 가열 후 신도 등이 본 규정에 포함되어 있다. 침입도는 평균공용온도인 25℃에서의 아스팔트의 컨시

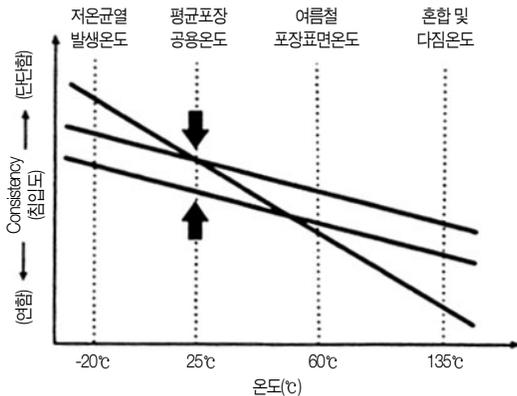


그림 1. 침입도 등급체계의 구성(KS M 2201)

표 2. 1종 아스팔트 점도 등급

항 목		명칭(점도분류)				
		AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
점도	60℃ Pa·s	25±5	50±10	100±20	200±40	400±80
	135℃min ² /s	80 이상	110 이상	150 이상	210 이상	300 이상
침입도(25℃, 100g, 5초)		200 이상	120 이상	70 이상	40 이상	20 이상
인화점 ℃(COC)		163 이상	177 이상	219 이상	232 이상	232 이상
삼염화에틸렌 가용분(%)		99 이상	99 이상	99 이상	99 이상	99 이상
박막 가열 시험 후 잔류물에 대한 시험	점도(60℃)Pa·s	125 이하	250 이하	500 이하	1000 이하	2000 이하
	신도(25℃, 5cm/min)cm	100 ^a 이상	100 ^a 이상	50 이상	20 이상	10 이상

a 신도가 100 미만이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min 인장 비율로 100 이상이면 관계없다.

표 3. 2종 아스팔트 점도 등급

항 목		명칭(점도분류)					
		AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
점도	60℃ Pa·s	25±5	50±10	100±20	200±40	300±60	400±80
	135℃min ² /s	125 이상	175 이상	250 이상	300 이상	350 이상	400 이상
침입도(25℃, 100g, 5초)		220 이상	140 이상	80 이상	60 이상	50 이상	40 이상
인화점 ℃(COC)		163 이상	177 이상	219 이상	232 이상	232 이상	232 이상
삼염화에틸렌 가용분(%)		99 이상	99 이상	99 이상	99 이상	99 이상	99 이상
박막 가열 시험 후 잔류물에 대한 시험	점도(60℃)Pa·s	125 이하	250 이하	500 이하	1000 이하	1500 이하	2000 이하
	신도(25℃, 5cm/min)cm	100 ^a 이상	100 ^a 이상	70 이상	20 이상	40 이상	25 이상

a 신도가 100 미만이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min 인장 비율로 100 이상이면 관계없다.

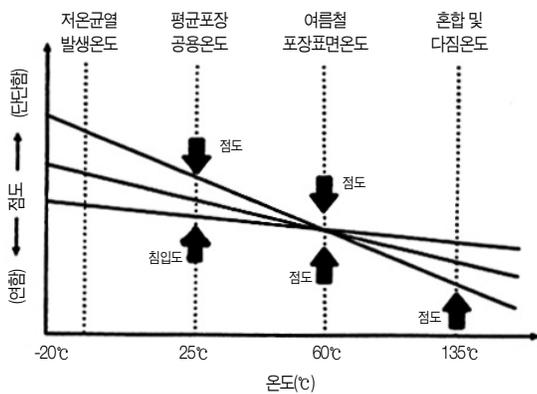


그림 2. 점도 등급체계의 구성(KS M 2208)

턴시를 측정하는 것이며, 135℃에서 점도는 배합 및 다짐온도인 135℃에서의 아스팔트의 컨시스턴시를 측정하는데 사용된다.

점도는 경험적인 물성이 아닌 아스팔트의 기본적인 물성이기 때문에 시험체계와 시험 시편의 크기에 제한을 받지 않으며, 점도등급은 소성변형 등이 발생하는 더운 온도에서의 아스팔트 물성을 직접 제어 하며, 세 온도에서의 컨시스턴시를 측정하기 때문에 아스팔트의 온도 감온성을 결정하는 데 이용할 수 있다는 장점이 있다.

그 반면 점도 등급에는 아스팔트 포장에서 자주 발생하는 저온균열을 제어하기 위한 저온 물성이 정의되어 있지 않으며, AR 등급에 비하여 아스팔트의

1차 노화에 따른 물성의 변화폭이 엄격히 규제되지 않고 있다는 단점이 있다.

2.2.1 AR 점도 등급체계

AR 점도 등급체계는 RTFO 과정을 거친 노화된 아스팔트의 점도를 근거로 한 체계로 미국 서부의 일부 주에서 사용하고 있는 등급체계이다. 표 4는 KS M 2208의 3종 아스팔트 분류기준인 AR등급을 나타내고 있으나, 우리나라에서는 사용하고 있지 않다. 미국의 AR등급 규정은 ASTM D 3381과 AASHTO M 226이 있으나, 이 두 규정은 거의 유사한 수치로 되어 있다. 이 체계는 아스팔트 등급을 5가지(AR-1000, 2000, 4000, 8000, 16000)로 분류하고 있는데, 여기서 AR-1000은 노화된 아스팔트의 60℃에서의 점도가 1000poise임을 나타내는 것이다. 또한, 이 규정에서는 노화된 아스팔트의 25℃에서의 최소침입도와 135℃에서의 최소점도를 규정하고 있다. 여기서 스트레이트 아스팔트의 침입도는 RTFOT 시험과정을 거친 아스팔트의 침입도 비율에 대하여 규정된 최소침입도로 결정한다.

본 품질기준에서 주의해야할 점은 임의 온도에서의 컨시스턴시는 단기 노화를 거친 스트레이트 아스팔트에 대해 규정된 값들이라는 것이다. 따라서, AR 등급체계는 점도등급체계의 장점 이외에 기존의 아스팔트 분류법에 비해 실제 가열 아스콘을 혼합하고

표 4. 3종 아스팔트 점도 등급

롤링·박막 가열 시험 후 잔류물에 대한 시험 ^b		명칭(점도분류)				
		AC-1000	AC-2000	AC-4000	AC-8000	AC-16000
점도	60℃ Pa·s	100±25	200±50	400±100	800±200	1600±400
	135℃min ² /s	140 이상	200 이상	275 이상	400 이상	550 이상
침입도(25℃, 100g, 5초)		65 이상	40 이상	25 이상	20 이상	20 이상
원침입도의 백분율(25℃, %)		-	40 이상	45 이상	50 이상	25 이상
신도(25℃, 5cm/min)cm		100 ^a 이상	100 ^a 이상	75 이상	75 이상	75 이상
원아스팔트에 대한 시험	인화점 ℃(COC)	205 이하	219 이하	227 이하	232 이하	238 이하
	삼염화에틸렌 가용분(%)	99 이상	99 이상	99 이상	99 이상	99 이상

a 신도가 100 미만이어도 15.5℃에서 신도가 5cm/min 인장 비율로 100 이상이면 관계없다.

b 박막 가열 시험으로도 좋지만, 롤링 박막 가열 시험에서 규정된 방법에 따라야 한다.

포설하는 동안에 아스팔트의 AR등급이 같은 등급 안에 있기만 한다면 비록 그 출처가 다르더라도 아스팔트의 거동은 동일한 결과를 기대할 수 있는 것이다. 반면 AR 등급체계를 사용하기 위해서는 RTFO 실험을 거친 후의 아스팔트로 실험을 해야 하기 때문에 실험시간이 더 길며, 스트레이트 아스팔트에 대한 필요한 컨시스턴시 규정이 없기 때문에 오염 물질을 검출할 수 있는 수단이 없다는 것이 큰 단점으로 지적되고 있다.

2.3 공용성 등급(PG, KS F 2389-2004)

기존 아스팔트 품질등급 체계들의 단점을 보완하기 위하여 미국의 전략적 도로연구사업(SHRP)의 결과로 개발된 공용성 등급체계는 아스팔트를 포장에 공용될 지역의 공용 가능한 최대온도와 최저온도로 구분하고 있다. 즉, PG 82-34로 분류된 아스팔트의 포장재료로서 공용 가능한 최대온도는 82℃이며, 최저온도는 -34℃임을 나타내는 것이다. 표 5는 ASTM D 6373(1999)에 수록되어 있는 공용성 등급을 나타낸 것이다.

공용성 등급체계에서 포장재료로 사용될 아스팔트의 등급결정은 아스팔트가 공용될 지역의 기상자료와 포장 설계온도를 기준으로 1차적으로 결정되며, 여기에 차량속도의 영향 및 등가단축하중(ESAL)으로 산출된 교통량의 영향 등을 고려하여 최종적으로

결정된다. 즉, 기상 자료와 포장설계온도를 기준으로 결정된 아스팔트 등급은 차량의 설계기준속도(100Km/h)와 설계교통량(10⁷ ESAL)을 받는다는 가정 하에 결정된 것이기 때문에 만약 차량의 속도가 설계기준속도보다 낮다면 아스팔트의 고온 등급은 선택된 등급보다 한 단계 높게 선택해야 한다. 또한 교통량이 10⁷에서 3×10⁷ESAL 사이로 추정된다면, 아스팔트의 고온등급을 한 단계 높일 것을 고려해야 하며, 교통량이 3×10⁷ESAL 이상으로 추정된다면 아스팔트의 고온등급을 반드시 한 단계 높여 선택해야 한다.

공용성 등급체계에서는 아스팔트의 품질을 규정하기 위하여 기존의 경험적 시험들과는 다른 공학적 법칙에 따른 새로운 시험법들을 채택하고 있으며, 시험 결과에 대한 신뢰성을 확보하기 위하여 모든 시험을 아스팔트가 공용기간 동안 겪게되는 3가지 노화단계, 즉 노화 이전, 초기노화(RTFO), 장기노화(PAV)로 나누어 시험한다. 또한 아스팔트 포장의 공용 중에 발생하는 여러 가지 문제(소성변형, 피로균열, 저온균열)에 대처할 수 있도록 아스팔트 등급별로 모든 시험값들을 상세하게 규정해 놓고 있다.

공용성 등급은 아스팔트 포장의 주요한 파손형태를 기초로 하여, 각각의 포장 파손을 방지하기 위하여 점탄성 이론에 근거한 아스팔트의 주요 물성의 범위를 규정하고 있기 때문에, 현재 사용되고 있는

많은 종류의 아스팔트 품질 등급 가운데서 가장 과학적이고도 체계적인 품질 기준으로 평가받고 있다. 또한 이 공용성 등급에서는 개질재 첨가 이후의 물성을 기준으로 아스팔트 등급을 분류하기 때문에, 현재 물성 변동의 검증 없이 무분별하게 사용되고 있는 다양한 아스팔트 개질재에 대해서도 효과적으로 대응할 수 있다는 장점이 있다.

표 5. 아스팔트의 공용성 등급에 대한 기준

고온등급	저온등급
PG 46-	34, 40, 46
PG 52-	10, 16, 22, 28, 34, 40, 46
PG 58-	16, 22, 28, 34, 40, 46
PG 64-	10, 16, 22, 28, 34, 40
PG 70-	10, 16, 22, 28, 34, 40
PG 76-	10, 16, 22, 28, 34
PG 82-	10, 16, 22, 28, 34

2.4 아스팔트 분류체계 비교

구분	침입도	점도	공용성
적용년대	1910년대	1960년대	1990년대
시험온도(℃)	25	60	82~34
장점	시험이 간단하고, 시험시간이 짧아 현장 품질관리가 용이하며 시험장비 저렴	고온에서 물성, 감온성 파악 가능	다양한 온도에서 아스팔트 물성 파악 가능하며, 실질적인 도로 환경(공용성)을 반영한 아스팔트 등급 선정 가능
단점	경험적인 방법으로 아스팔트의 물성, 감온성 파악 곤란	<ul style="list-style-type: none"> 저온에서의 물성 파악 불가능 실질적인 도로 환경을 반영한 아스팔트 등급 선정 불가능 	<ul style="list-style-type: none"> 시험장비 고가 숙련된 전문성 기능 요구 생산현장 적용에 신속한 대처가 어렵다.

3. 재생아스콘 아스팔트 품질등급 변경에 따른 검토

우리나라 재생아스콘이 도입된 역사는 선국외국에 비하여 오래되지 않았고 현장 경험이나 축적된 기술이 많은 것도 아니다. 정부에서는 친환경 도로건설 및 자원 재활용을 촉진하기 위하여 2009년 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률로 일정규모 이상의 건설공사는 재생아스콘 의무사용(15%)으로 규정하였지만 표 6과 같이 선진국 대비 사용비율은 아직까지 높지 않다.

표 6. 아스콘 년도별 생산현황

(단위 : 천톤)

구분	2007년도	2008년도	2009년도	2010년도	2011년도
일 반 아스콘	29,807	29,764	35,060	20,744	19,656
재 생 아스콘	545	790	1,009	1,190	1,516
비율(%)	1.8	2.7	2.9	5.7	7.7

※ 재생아스콘은 가열재생아스콘 생산현황임.

표 7. 외국의 재생아스콘 사용 사례(2010년)

국가별	일본	네덜란드	핀란드	독일	스웨덴	벨기에	덴마크
사용비율 (%)	74.2	67.0	65.0	60.0	60.0	47.0	39.0

재생아스콘 관련 품질기준은 기술표준원 GR표준(재활용 가열아스팔트 혼합물)이 1999년 9월 16일 제정되었고, 건설교통부 2005년 8월 25일 제정 “순환골재 품질기준”과 2005년 1월 건설교통부 “건설 폐자재 재활용 도로포장 지침”에서 배합설계방법이나 품질기준을 정하고 있다. 재생아스콘에 사용되는

표 8. 아스팔트콘크리트용 순환골재 품질기준(KS F 2572)

구재 아스팔트 함량(%)	구재 아스팔트 침입도(25℃, 1/10mm)	씻기 시험에서 손실되는 양(%)	이물질 함유량(%)	
			유기 이물질	무기 이물질
3.8이상	20 이상	5 이하	1.0 이하	1.0 이하

아스팔트콘크리트용 순환골재는 1999년 5월 6일 KS가 제정되어 표 8과 같이 규정하고 있다.

아스팔트콘크리트용 순환골재 품질기준은 KS와 국토해양부에서 동일하게 규정하고 있으며, 과거 일본의 순환골재 품질기준을 그대로 인용하여 사용하다가 2010년 10월 5일 KS표준 개정 시 이물질 함유량 시험항목을 추가 하였다.

아스팔트 도로포장이 장기간 제 성능을 유지하는 사용재료 배합 결정과 소요의 품질기준을 만족하는 혼합물을 얻을 수 있도록 배합설계는 엄격히 요구되며, 일정기간마다 또는 재료를 변경할 때마다 배합설계를 실시하도록 국토해양부 건설폐자재 재활용 도로포장 지침에서 규정하고 있다.

따라서, 현재 재생아스콘에 사용하고 있는 아스팔트 침입도 분류를 공용성등급으로 전환할 경우 문제점을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 아스팔트콘크리트용 순환골재의 품질기준의 변경(표 8 참조)
 - 구재아스팔트 침입도 시험항목을 병행하거나, PG등급 시험항목으로 수정
- 2) 구재 아스팔트 성능을 개선하기 위하여 신재 아스팔트 등급을 결정하는 방법의 새로운 모델 개발(재생첨가제 사용 포함)

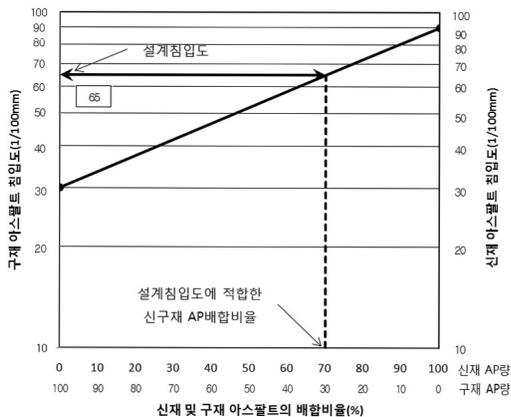


그림 3. 신재 아스팔트를 사용한 설계침입도의 조정

- KS, GR, 국토해양부 지침에서는 구재와 신재 아스팔트 배합비율의 결정방법을 침입도로 조정하는 방법을 소개한 바 있다.
- 3) 공용성 등급에 맞출 수 있는 재생첨가제의 개발
 - 4) 과도한 시험경비 증가와 시험결과 확인까지 소요시간이 길어 실질 반영이 불가
 - 공용성 등급의 시험장비는 정밀하고 고가로써 아스콘 생산업체가 보유하고 유지관리가 어려우며 전문성이 요구되는 시험이므로 외부공인시험전문기관을 이용할 수밖에 없다. 또한, 아스팔트콘크리트용 순환골재는 품질변동 폭이 커 일정기간 마다 또는 재료변경시 확인할 경우 빈도수는 크게 증가되어 과도한 업체 비용부담 증가
 - 구재 아스팔트 침입도는 재생아스콘 제조 시 1회 또는 매 500톤 마다 1회 시험실시로 규정되어 시험빈도수 등을 개선
 - 5) 검사용 구재아스팔트의 대량 확보 요구
 - 공용성 시험을 하기 위해서는 최소 400g의 시료가 준비되어야 하며, 시료확보를 위한 과도한 용매사용(오존층 파괴와 인체 유해한 독극 위험물질)은 환경오염 증대
 - 6) 관련 품질규정 일괄 개정
 - KS, GR, 순환골재품질기준, 건설폐자재 재활용 도로포장 지침 등

4. 결론

익히 알려진 바와 같이 침입도시험은 공용성을 모사하여 도로의 물리적 특성을 충분히 반영하지 못하는 단점도 있지만 시험장비가 저렴하고, 조작이 용이하며, 시험수행 기간이 짧아 시험결과를 적기에 현장에 반영하기 쉽다는 장점도 있다.

외국사례를 살펴보면 스트레이트 아스팔트인 경우 미국 이외에 유럽, 일본, 중국 등 모든 국가들이 침입도 등급분류를 적용하고 있으며 중국의 경우에는

침입도 시험항목을 적용하되 왁스량을 줄이고 저온 신도기준을 늘리는 등 시험규정을 수정하여 사용하고 있다.

한국도로학회 논문집(2005년 3월, 통권 23호) "PG 고온등급의 문제점과 새로운 대안(허정도)"에서 등급변수인 $G^*/\sin\delta$ 는 바인더의 점탄성 물성이 조성변형에 대한 등급상수가 아니라고 지적하며 $G^*/\sin\delta$ 뿐만 아니라 β 도 함께 고려되어야 한다는 이론으로 PG등급 분류의 개선을 주장하고 있다.

일본이 우리나라 보다 먼저 미국의 SHRP의 연구 성과를 계획단계부터 알고 있었지만 현재까지 PG등급을 채택하지 아니하는 것은 국내 제반 여건을 고려하고 실효성을 충분히 검토하여 반영하는데 신중을 기하기 때문인 것으로 추측된다.

또한, 유럽 등 선진외국에서 공용성 등급을 적용하지 않은 것은 또 다른 사유들이 있을 것이라고 유추되며, 우리나라에서도 정유사의 공급능력, 아스콘 생산자들의 기술적 수준, 건설사 및 감리자의 이해능력, 환경오염증가 등 관련된 모든 조건들을 가늠하고 고려된다면 충분히 좋은 선택의 결과로 이루어 질 것이라고 사료된다.

다만, 선진외국과 다르게 우리나라는 개질아스팔트 등급분류 체계가 없으므로 개질아스팔트에 대해서는 공용성 등급을 채택하고, 재생아스콘에 대하여

는 아직도 준비하고 개선·보완해야 할 여지가 많으므로 현행과 같이 침입도에 의한 분류체계를 유지하는 것을 개선방향과 더불어 고려하여야 할 것이다.

참고 문헌

1. 미국 ASTM D 6373(Specification for Performance Graded Asphalt Binder, 1999)
2. 일본도로협회, 재생아스팔트 편람(2010)
3. 국토해양부, 건설폐자재 재활용 도로 포장 지침(2005.1)
4. 허정도, "PG 고온등급의 문제점과 새로운 대안", 한국도로학회 논문집 통권 23호(2005.3)
5. 한국건설자재시험연구, 아스콘 품질관리 기술교육(2000)
6. KS M 2201 스트레이트 아스팔트(2007)
7. KS M 2208 점도 분류에 의한 도로포장용 아스팔트(2007)
8. KS F 2389 공용성 등급(2004)
9. KS F 2572 아스팔트콘크리트용 순환골재(2010)
10. KS F 2349 가열 아스팔트혼합물(2010)
11. GR F 4005 재활용가열아스팔트 혼합물(2009)
12. 제주지방중소기업청, 슈퍼페이브 아스팔트 혼합물 배합설계기술 및 도로포장 적용사례(2001)
13. 김주원, 최신 아스팔트포장(1993)
14. 한국아스콘공업협동조합연합회, 아스콘기술총서 9권, 슈퍼페이브(1998)

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