

KSKSKSKS
KSKSKSK
KSKSKS
KSKSK
KSKS
KSK
KS

KS F 2389

KS

아스팔트의 공용성 등급
KS F 2389:2014

산업통상자원부 국가기술표준원

2014년 6월 4일 개정

<http://www.kats.go.kr>

KS F 2389:2014

심 의 : 건설 기술심의회

	성 명	근 무 처	직 위
(회 장)	심 중 성	한양대학교	교 수
(위 원)	김 강 수	고려대학교	교 수
	김 남 회	서울대학교	책임연구원
	김 인 숙	서림ANC	회 장
	김 정 선	크로스구조연구소	소 장
	박 문 재	국립산림과학원	과 장
	박 준 영	LH토지주택도시연구원	연 구 위 원
	박 태 순	서울과학기술대학교	교 수
	서 치 호	건국대학교	교 수
	이 광 명	성균관대학교	교 수
	정 경 자	한국도로공사	책임연구원
	조 삼 덕	한국건설기술연구원	선임연구원
	채 성 태	한국건설생활환경시험연구원	단 장
	최 중 현	우송공업대학	교 수
(간 사)	염 희 남	국가기술표준원 표준정책국 기계소재건설표준과	

표준열람 : 국가표준종합정보센터 (<http://www.standard.go.kr>)

제 정 자 : 산업통상자원부 국가기술표준원장 제 정 : 2004년 9월 20일
 개 정 : 2014년 6월 4일 국가기술표준원 고시 제 2014-0235 호
 심 의 : 산업표준심의회 건설 기술심의회
 원안작성협력 : -

이 표준에 대한 의견 또는 질문은 산업통상자원부 국가기술표준원 표준정책국 기계소재건설표준과(과장 박주승 ☎ 043-870-5370)로 연락하거나 웹사이트를 이용하여 주십시오(<http://www.kats.go.kr>).

이 표준은 산업표준화법 제10조의 규정에 따라 매 5년마다 산업표준심의회에서 심의되어 확인, 개정 또는 폐지됩니다.

목 차

1	적용범위	1
2	인용표준	1
3	공용성 등급 결정 순서 요약.....	1
4	시험 절차.....	3
4.1	아스팔트 시료의 준비.....	3
4.2	회전 점도 시험.....	3
4.3	원아스팔트의 동적 전단 유변 물성 측정 시험.....	3
4.4	롤링 박막 가열 시험	3
4.5	롤링 박막 가열 후 동적 전단 유변 물성 측정 시험.....	3
4.6	촉진 노화 시험.....	3
4.7	촉진 노화 후 동적 전단 유변 물성 측정 시험.....	4
4.8	촉진 노화 후 보형상 유변 물성 측정 시험	4
5	공용성 등급 아스팔트의 주문 방법.....	4
6	시험 재료 및 제조.....	5
7	검사 및 확인	5
8	적합성 판정.....	5
KS F 2389:2014 해설		8

이 문서는 조달청 동의없이 수정, 변경 및 복사할 수 없습니다.

한국산업표준

KS F 2389:2014

아스팔트의 공용성 등급

Performance grade for asphalt binder

1 적용범위

1.1 이 표준은 도로 포장용 아스팔트에 대하여 공용성 등급(PG, Performance Grade)을 분류하고 확인하는 시험방법과 공용성 등급 결정에 적용한다.

1.2 이 표준은 공용성(performance)에 기초하여 등급이 구분되는 도로 포장용 아스팔트에 대하여 적용한다. 공용성 등급은 현장의 기후 조건을 기초로 결정한 것이다. 즉 7일간의 평균 최고 포장 설계 온도와 1일간의 최저 포장 설계 온도를 기초로 결정한 것이다. 공용성 등급은 아스팔트가 사용될 현장의 기후와 교통 조건을 고려하여 그 지역 특성에 적정한 아스팔트를 선정하기 위한 기준이다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 주석을 포함)을 적용한다.

KS F 2390, 보형상 유변 물성 측정기를 이용한 아스팔트의 휨 크리프 강성 시험방법

KS F 2391, 압력 노화 용기를 이용한 아스팔트의 촉진 노화 시험방법

KS F 2392, 회전 점도계를 이용한 아스팔트의 점도 시험 방법

KS F 2393, 동적 전단 유변 물성 측정기를 이용한 아스팔트의 유변 특성 시험방법

KS M 2001, 원유 및 석유 제품 시료 채취 방법

KS M 2201, 스트레이트 아스팔트

KS M 2208, 점도분류에 의한 도로포장용 아스팔트

KS M 2248, 아스팔트의 동점도 시험 방법

KS M 2256, 역청 재료의 트리클로로에탄에 대한 용해도 시험방법

KS M 2258, 아스팔트계 재료의 박막 가열 시험방법

KS M 2259, 아스팔트성 재료의 롤링 박막 가열 시험방법(이동 아스팔트 막에 미치는 열과 공기의 영향)

KS M ISO 2592, 인화점 및 연소점 시험방법 — 클리브랜드 개방컵 시험방법

3 공용성 등급 결정 순서 요약

3.1 공용성 등급은 원아스팔트(산화 전), 단기 산화 및 장기 노화된 아스팔트에 대하여 3단계로 실시한다.

3.2 원아스팔트(산화 전)의 시료는 KS M ISO 2592, KS F 2392, KS F 2393의 시험을 실시하여 복합 전단 부분(G^*)과 위상각(δ)을 결정한다.

KS F 2389:2014

3.3 롤링 박막 오븐(KS M 2259) 또는 박막 오븐(KS M 2258)에서 아스팔트를 노화시킨다(단기 산화). 단기 산화 후의 잔류 시료에 대해 질량 손실(KS M 2259 또는 KS M 2258)을 구하고 복합 전단 부분(G')과 위상각(δ)(KS F 2393)을 결정한다.

3.4 롤링 박막 오븐 또는 박막 오븐으로부터 얻은 잔류 시료를 압력 노화 용기(KS F 2391)에서 노화시킨다(장기 노화). 장기 노화 후의 잔류 시료를 사용하여 KS F 2393에서는 복합 전단 부분(G')과 위상각(δ)을 결정하고, KS F 2390에서는 60초에서의 대수 하중 재하 시간과 힘 크리프 강성과의 관계를 통해 기울기(m)를 결정한다.

3.5 이들 시험 결과에 근거하여 공용성 등급을 결정한다. 그림 1은 아스팔트의 공용성 등급을 결정하기 위한 순서도를 나타낸 것이다.

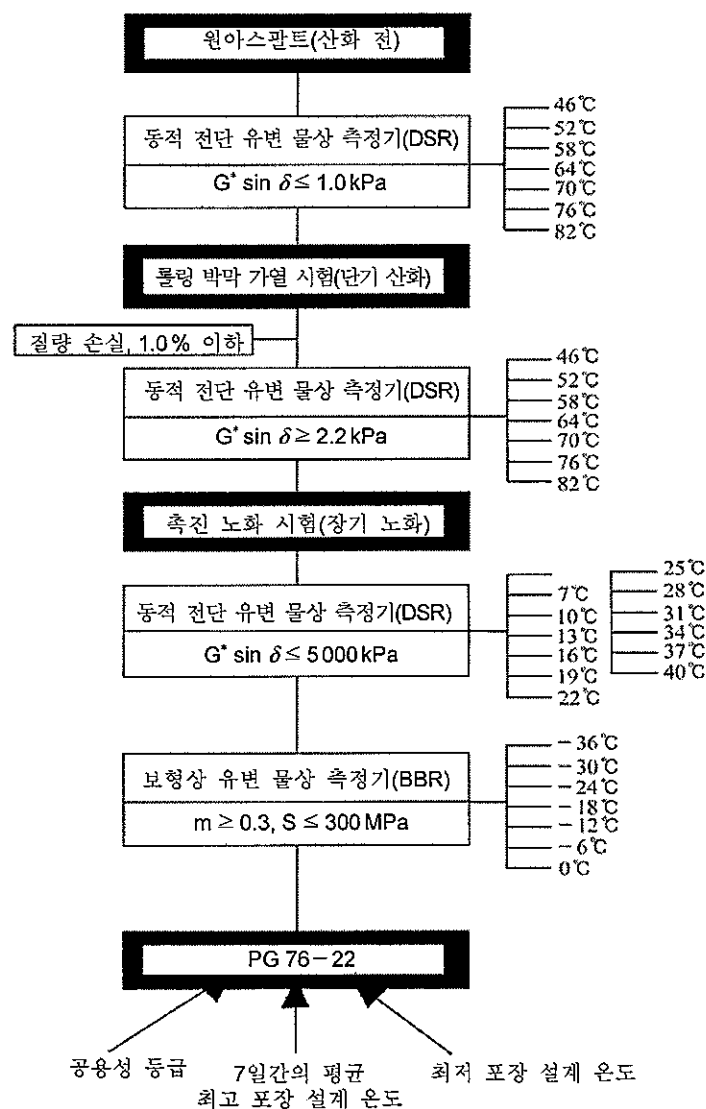


그림 1 - 아스팔트의 공용성 등급 결정을 위한 순서도

4 시험 절차

아스팔트의 공용성 등급을 결정하기 위해서는 등급 분류 시험 및 확인 시험을 실시해야 한다. 아스팔트의 등급 분류 시험 절차는 아래와 같다. 등급 확인 시험은 등급 분류 시험에서 결정된 온도를 사용하여 등급을 확인하는 시험이며 시험 절차는 등급 분류 시험과 동일하다.

4.1 아스팔트 시료의 준비

시험에 사용할 아스팔트 시료는 KS M 2001에 따라 준비한다. 대략 400 g의 노화되지 않은 아스팔트, 즉 원아스팔트가 필요하다.

4.2 회전 점도 시험

회전 점도 시험은 KS F 2392에 따라 135 °C에서 원아스팔트의 점도를 결정한다. 점도는 KS F 2392를 충족시키기 위해 3 Pa·s를 초과하지 않아야 한다.

4.3 원아스팔트의 동적 전단 유변 물성 측정 시험

동적 전단 유변 물성 측정 시험은 KS F 2393을 따른다. 원아스팔트에 대해 58 °C에서 동적 전단 유변 물성 측정기를 이용한 아스팔트의 유변 특성 시험을 수행한다. 그래서 $G^*/\sin\delta < 1.0$ kPa 값이 얻어질 때까지 6 °C 간격으로 시험 온도를 증가 또는 감소시킨다. $G^*/\sin\delta \geq 1.0$ kPa 값을 갖는 최대 시험 온도에서 고온 등급을 결정한다.

비고 예를 들면 64 °C에서 $G^*/\sin\delta$ 값이 0.6 kPa이고 58 °C에서 $G^*/\sin\delta$ 값이 1.2 kPa이면 고온의 아스팔트 등급은 PG 58-xx이다.

4.4 롤링 박막 가열 시험

롤링 박막 가열 시험은 KS M 2259에 따른다. 롤링 박막 가열 장치 및 박막 가열 장치를 사용하여 아스팔트의 산화 시험을 시작한다. 수행될 시험의 종류와 수에 따라 충분한 아스팔트 양을 조절한다. KS M 2259 또는 KS M 2258의 시험이 완료된 후, 원아스팔트의 질량 손실을 결정한다. 질량 손실은 KS M 2259의 규격을 충족시키기 위해 1.0 % 이하이어야 한다. 질량 손실이 1.0 % 이상이면 더 이상의 시험을 실시할 필요가 없다.

4.5 롤링 박막 가열 후 동적 전단 유변 물성 측정 시험

단기 산화 시료를 얻기 위해 KS M 2259에 따라 시험을 실시한다. 단기 산화 후 아스팔트의 고온 등급(PG 46-xx, 52-xx, 58-xx 등)을 확인하기 위해 롤링 박막 가열 시험에서 얻은 잔류 시료를 사용하여 동적 전단 유변 물성 측정 시험을 수행한다. 롤링 박막 가열 시험 및 박막 가열 시험에서 얻은 잔류 시료에 대한 $G^*/\sin\delta$ 값은 2.2 kPa 이상이어야 한다.

비고 4.3에서 결정된 아스팔트 등급이 PG 58-xx인 경우, 단기 산화 후 $G^*/\sin\delta$ 값이 2.2 kPa 이상이면 아스팔트 등급은 PG 58-xx로 결정된다. 그러나 $G^*/\sin\delta \geq 2.2$ kPa의 조건을 만족하지 못하면 시험 온도를 52 °C로 낮추어서 재시험을 실시한다. 52 °C에서 $G^*/\sin\delta \geq 2.2$ kPa이 만족되면 이 아스팔트의 고온 등급은 PG 52-xx로 결정된다.

4.6 촉진 노화 시험

장기 노화 시료를 얻기 위한 촉진 노화 시험은 KS F 2391에 규정하는 방법에 따른다. 촉진 노화 시

KS F 2389:2014

험을 위해 KS M 2259 또는 KS M 2258에서 얻은 충분한 양의 잔류 시료를 노화시킨다. 고온 등급 PG 46-xx와 PG 52-xx의 아스팔트에 대해 90 °C의 노화 온도를 사용하고 고온 등급 PG 58-xx와 그 이상의 높은 아스팔트에 대해 100 °C의 노화 온도를 사용한다. 110 °C의 촉진 노화 시험의 온도는 사막의 환경 조건을 모사하기 위해 사용된다.

4.7 촉진 노화 후 동적 전단 유변 물성 측정 시험

촉진 노화 후의 아스팔트에 대한 피로 균열 저항성을 파악하기 위해 촉진 노화 시험에서 얻은 잔류 시료에 대해 KS F 2393을 수행한다. 촉진 노화 시험에서 얻은 잔류 시료의 $G^* \times \sin \delta$ 값은 5 000 kPa 이하이어야 한다. 고온 등급 PG 52-xx와 58-xx에 대해서는 각각 시험 온도 16 °C와 19 °C에서 고온 등급 PG 64-xx에 대해서는 22 °C에서 고온 등급 PG 70-xx에 대해서는 28 °C에서 $G^* \times \sin \delta$ 값이 5 000 kPa를 초과할 때까지 3 °C씩 온도를 증가 또는 감소시키며 KS F 2393을 수행한다. 결정된 온도는 4.8의 촉진 노화 후 보형상 유변 물성 측정 시험의 온도를 결정하는 참고 온도로 사용한다.

4.8 촉진 노화 후 보형상 유변 물성 측정 시험

4.8.1 보형상 유변 물성 측정 시험은 KS F 2390에 따른다. 휨 크리프 강성이 300 MPa 이하이고 기울기(m)가 0.3 이상인 조건을 동시에 만족하는 저온 등급의 시험 온도를 결정하여야 한다. 예상되는 저온 등급의 시험 온도는 4.5에서 결정된 고온의 공용성 등급과 4.7의 $G^* \times \sin \delta$ 값이 5 000 kPa 이하인 가장 낮은 온도를 이용하여 표 1의 KS F 2393으로부터 결정한다.

4.8.2 4.8.1에서 예상된 시험 온도에서 KS F 2390에 따라 1쌍의 보형상 유변 물성 측정 시험의 아스팔트 보 시험편을 시험하여 휨 크리프 강성과 기울기(m)가 KS F 2390에 대한 규정값을 만족시킬 수 있는 저온 등급의 시험 온도를 결정한다. 시험 온도에서 규정값에 미달할 경우 온도를 한 단계 높여 재시험을 실시한다.

비고 표 1에서 PG 58-xx인 아스팔트의 경우 촉진 노화 시료의 동적 전단 유변 물성 측정 결과가 19 °C에서 만족하였다면 보형상 유변 물성 측정 시험의 온도는 -18 °C이다. -18 °C에서 휨 크리프 강성이 300 MPa 이하이고 기울기(m) 값이 0.3 이상이 되면 이 아스팔트의 저온 등급은 PG xx-28 °C가 된다. 하지만 -18 °C에서 시방 조건을 만족하지 못한다면 시험 온도를 -12 °C로 높여서 시험을 실시하고 -12 °C에서 합격한 경우 이 아스팔트의 저온 등급은 PG xx-22 °C로 결정된다. -12 °C에서도 불합격인 경우 -6 °C로 높여서 시험을 실시한다. 이러한 절차로 합격될 때까지 실시하고 합격된 온도를 저온 등급으로 한다.

결정된 시험 온도에서 아스팔트 보 시험편에 100 g의 하중을 240초 동안 재하하여 60초에서 측정된 휨 크리프 강성과 기울기(m)를 기록한다.

4.8.3 기울기(m)가 0.3 이상이고 휨 크리프 강성이 300 MPa 이하인 조건을 만족하는 저온 등급을 결정한다.

4.8.4 4.5~4.8.3의 결과를 이용하여 최종적으로 아스팔트의 공용성 등급을 결정한다.

5 공용성 등급 아스팔트의 주문 방법

이 기준으로 주문을 할 때 표 1에 나타낸 것과 같이 PG 52-16 또는 PG 64-22와 같이 표기하여 주문한다.

6 시험 재료 및 제조

6.1 아스팔트는 원유(原油)를 정제하여 적정한 방법으로 제조되며, 이 방법에는 개질재가 첨가되는 방법과 첨가되지 않는 방법이 있다.

6.2 개질재는 적절한 제조 방법에 의해 만들어지는 유기 재료이며 재생 조건이나 새로운 조건에서 사용된다. 개질재는 아스팔트에 분해 및 분산 작용을 하여 아스팔트의 성능을 향상시킬 수 있다.

6.3 아스팔트는 물이나 해로운 물질이 포함되어 있지 않은 균질한 재료이어야 하며, 175 °C에서 가열할 때 거품이 발생하지 않아야 한다.

6.4 아스팔트의 등급은 표 1에 제시된 요구 조건에 따라 결정한다.

7 검사 및 확인

재료에 대한 검사 및 확인 사항은 구매자와 판매자의 의견이 일치되어야 한다. 특별한 요구사항은 구매 계약서에 명시되어야 한다. 판매자는 증명된 각각의 아스팔트 등급에 대해 재료의 취급 및 저장 과정을 제시하여야 한다.

8 적합성 판정

모든 시험 결과가 규정에 맞게 수행되지 않은 것이면 적합성을 판별하기 위해 구매 주문 사항에서 나타난 바와 같이 재시험을 실시해야 한다. 또한 구매자와 판매자가 합의하지 못하여도 재시험을 실시한다.

KS F 2389:2014

표 1 - 아스팔트의 공용성 등급에 대한 기준

공용성 등급	PG 46				PG 52								PG 58				PG 64							
	-34	-40	-46	>-46	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40		
7일간 평균 최고 포장 설계 온도 °C ^a	<46				<52								<58				<64							
최저 포장 설계 온도 °C ^a	>-34	>-40	>-46	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40		
원아스팔트																								
인화점, KS M ISO 2592: °C	230																							
점도 KS F 2392 ^b 3 Pa·s 이하 시험 온도, °C	135																							
동적 전단, KS F 2393: G' sin δ, 1.0 kPa 이상 시험 온도@10 rad/s, °C	46				52				58				64											
롤링 박막 오븐(KS M 2259) 또는 박막 오븐(KS M 2258) 노화 후 잔사																								
1.0																								
질량 손실, %(이하)																								
동적 전단, KS F 2393: G' sin δ, 2.2 kPa 이상 시험 온도@10 rad/s, °C	46				52				58				64											
압력 노화 용기(PAV) 노화 후 잔사(KS F 2391)																								
압력 노화 온도, °C	90				90				100				100											
동적 전단, KS F 2393: G' sin δ, 5 000 kPa 이하 시험 온도 @10 rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16			
보고																								
물리적 경화																								
휨 크리프 강성, KS F 2390: S, 300 MPa 이하 m 값, 0.3 이상 시험 온도@60초, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30			

표 1 - 아스팔트의 공용성 등급에 대한 기준(계속)

공용성 등급	PG 70						PG 76						PG 82					
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-10	-16	-22	-28	-34		
7일간 평균 최고 포장 설계 온도 ℃ ^a	< 70						< 76						< 82					
최저 포장 설계 온도 ℃ ^a	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34		
원아스팔트																		
인화점, KS M ISO 2592: ℃	230																	
점도 KS F 2392 ^b 3 Pa·s 이하 시험 온도, ℃	135																	
동적 전단, KS F 2393: G'/sinδ, 1.0 kPa 이상 시험 온도@ 10 rad/s, ℃	70						76						82					
롤링 박막 오븐(KS M 2259) 또는 박막 오븐(KS M 2258) 노화 후 잔사																		
질량 손실, 최대, %	1.0																	
동적 전단, KS F 2393: G'/sinδ, 2.2 kPa 이상 시험 온도@ 10 rad/s, ℃	70						76						82					
압력 노화 용기(PAV) 노화 후 잔사(KS F 2391)																		
압력 노화 온도, ℃	100(110)						100(110)						100(110)					
동적 전단, KS F 2393: G'sinδ, 5 000 kPa 이하 시험 온도 @ 10 rad/s, ℃	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28		
물리적 경화																		
휨 크리프 강성, KS F 2390: S, 300 MPa 이하 m 값, 0.3 이상 시험 온도 @ 60초, ℃	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24		

^a 포장 온도는 대기 온도로부터 추정하여도 좋으며 기관의 규정에 약술된 절차에 따라 조사하여도 된다. 포장 온도는 대기 온도의 약 1.8배이다.

^b 아스팔트가 모든 안전 기준을 만족하는 온도에서 적절히 압송되고 혼합된다는 것을 생산자가 보장한다면 생산자의 시험 성적서로 갈음할 수 있다.

^c 압력 노화 온도는 가장 기온 조건에 근거하였으며 90 ℃, 100 ℃, 110 ℃의 3종류 중 하나로 하였다. PG 64-xx 이상의 등급에 대하여는 노화 온도가 100 ℃이며 사막 기후에 사용할 포장 재료는 예외로 110 ℃로 적용한다.

^a 포장 온도는 대기 온도로부터 추정하여도 좋으며 기관의 규정에 약화된 절차에 따라 조사하여도 된다. 포장 온도는 대기 온도의 약 1.8배이다.
^b 아스팔트가 모든 안전 기준을 만족하는 온도에서 적절히 압송되고 혼합된다는 것을 생산자가 보장한다면 생산자의 시험 성적서로 갈음할 수 있다.
^c 압력 노화 온도는 가장 기온 조건에 근거하였으며 90 $^{\circ}\text{C}$, 100 $^{\circ}\text{C}$, 110 $^{\circ}\text{C}$ 의 3종류 중 하나로 하였다. PG 64-xx 이상의 등급에 대하여는 노화 온도가 100 $^{\circ}\text{C}$ 이며 사막 기후에 사용할 포장 재료는 예외로 110 $^{\circ}\text{C}$ 로 적용한다.

KS F 2389:2014

KS F 2389:2014

해 설

이 해설은 본체에 규정된 사항 및 이와 관련된 사항을 설명하는 것으로, 표준의 일부는 아니다.

이 표준은 ASTM D6373(Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder)을 참고하여 작성하였다.

1 제정 취지

현재 국내에서는 침입도 규격을 아스팔트 도로 포장용 등급 및 품질 기준으로 적용하고 있다. 그러나 이 기준을 만족하는 아스팔트를 사용하여 배합 설계한 아스팔트 포장 도로의 경우에도 기상 이변으로 인한 여름철의 온도 상승, 폭발적인 교통량 및 정체 구간의 증가로 인해 소성 변형과 저온 균열 등의 포장 파손이 지속적으로 발생하고 있다.

아스팔트 소성 변형에 영향을 미치는 요인은 여러 가지가 있지만 아스팔트의 침입도 기준은 25 ℃에서만 시험을 실시하기 때문에 소성 변형이 발생하는 아스팔트 포장 온도인 60 ℃ 이상의 고온에서의 아스팔트 거동이나 저온에서의 성능을 예측하기 위한 저온 탄성 거동을 파악할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 침입도 등급에 의한 아스팔트를 그대로 적용한다면 아스팔트 혼합물의 품질 향상에 한계가 발생하게 된다. 특히 아스팔트는 고온에서 점성을 갖고 저온에서 탄성을 가지고 있는 점탄성 재료이기 때문에 기후 조건과 교통량, 운행 속도를 고려하여 아스팔트를 선정해야 하지만 현재 아스팔트 등급 규격은 이러한 조건을 만족시키지 못하고 있어 근본적으로 문제점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 미국에서는 1999년 아스팔트의 공용성 등급을 국가 표준(ASTM D 6373)으로 제정 운영 중이며, 이 규정 제정 후 아스팔트 포장의 품질이 향상되어 매우 고무적인 반응을 보이고 있다. 따라서 일반 아스팔트는 물론 개질 아스팔트의 성능을 구분할 수 있는 환경, 교통 및 장기 공용성을 고려한 아스팔트 등급 규격에 대한 연구와 제정이 필요하다.

아스팔트의 공용성 등급 기준은 소성 변형 및 저온 균열과 같은 포장 파손에 저항할 수 있도록 현장의 기후와 교통 조건을 고려하여 지역 특성에 맞는 적절한 아스팔트를 선정하기 위한 것이다. 따라서 이 표준에서는 아스팔트 포장의 공용 중에 발생하는 소성 변형 및 저온 균열과 같은 아스팔트 포장 파손에 대한 저항성을 확보하기 위해서 공용성 등급 기준을 제정함으로써 현장의 기후와 교통 조건에 적합한 아스팔트를 선정할 수 있도록 하기 위한 것이다.

2 주요 제정 내용

2.1 적용범위

아스팔트의 공용성(performance) 등급에 대한 기준은 아스팔트 포장의 소성 변형 및 저온 균열에 대한 저항성을 확보하기 위하여 현장의 기후와 교통 조건을 고려하여 지역 특성에 맞는 적절한 아스팔트를 선정하는 것이다. 이 표준은 공용성에 기초하여 등급이 구분되는 도로 포장용 아스팔트에 대하여 적용한다.

3 공용성 등급 결정 방법 요약

3.1 아스팔트 시료는 KS M ISO 2592, KS F 2392, KS F 2393을 통한 복합 전단 부분(G')과 위상각(δ)

을 결정하기 위하여 사용된다.

3.2 롤링 박막 오븐(KS M 2259) 또는 박막 오븐(KS M 2258)에서 아스팔트를 산화시킨다. 산화 후의 잔류 시료는 질량 손실(KS M 2259 또는 KS M 2258)을 구하고 복합 전단 부분(G^*)과 위상각(δ)(KS F 2393)을 결정하기 위하여 사용한다.

3.3 롤링 박막 오븐 또는 박막 오븐으로부터 얻은 잔류 시료를 압력 노화 용기(KS F 2391)에서 노화시킨다. 노화 후의 잔류 시료를 사용하여 KS F 2393과 KS F 2390에 따라 시험한다. 이 시험으로부터 복합 전단 부분(G^*)과 위상각(δ), 힙 크리프 강성과 기울기(m)를 결정한다.

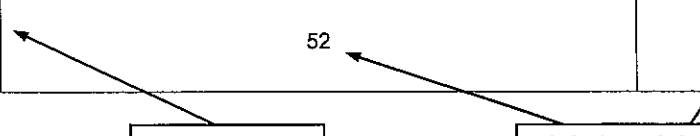
3.4 이들 시험 결과에 근거하여 아스팔트는 이 표준(KS F 2389)에 따라 아스팔트의 등급을 결정한다.

4 아스팔트의 공용성 등급 기준

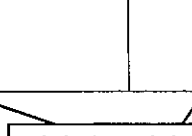
아스팔트의 공용성 등급(KS F 2389)은 해설 표 1에 나타내었다. 기준에 있는 물리적 성질은 모든 공용성 등급에 대하여 일정하게 유지되지만, 이러한 성질을 얻을 수 있는 온도는 아스팔트가 적용되는 장소의 기후에 따라 등급별로 변화된다(해설 그림 1 참조).

비고 예를 들면 PG 64-28 등급은 7일간 평균 최고 포장 설계 온도가 64 °C이며 최저 포장 설계 온도가 -28 °C인 기후 조건에 사용되는 아스팔트 등급이다.

공용성 등급	PG 52							PG 58		
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46	-16	-22	-28
평균 7일 최고 포장 설계 온도, °C	< 52							< 58		
최저 포장 설계 온도, °C	> -10	> -16	> -22	> -28	> -34	> -40	> -46	> -16	> -22	> -28
원아스팔트										
인화점, KS M ISO 2592, 최저 °C	230									
점도, KS F 2392 3 Pa·s 이하 시험 온도, °C	135									
동적 전단, KS F 2393 $G^*/\sin\delta$ 1.0 kPa 이상 시험 온도, 10 rad/s, °C	52							58		



시방 기준



시험 온도 변환

해설 그림 1 - 아스팔트의 공용성 등급 기준 예

4.1 아스팔트의 공용성 등급 기준은 공용성에 기초를 두고 있기 때문에 아스팔트 포장의 3가지 주요 공용성 변수인 소성 변형(영구 변형), 파괴 균열 및 저온 균열에 초점을 두고 있다. 더욱이 이 표준은 아스팔트의 안전, 펌핑, 취급 및 과다 노화에 대해서도 언급하고 있다. 아스팔트의 공용성 등급 기준에 초점을 둔 이러한 인자에 대한 설명은 다음과 같다.

4.1.1 소성 변형(영구 변형)

아스팔트의 공용성 등급 기준은 고온에서 아스팔트의 강성(stiffness)이나 소성 변형 저항값으로 소성

KS F 2389:2014

변형 인자, $G^*/\sin\delta$ 를 사용한다. 해설 그림 2에서와 같이 소성 변형 인자가 최고 포장 설계 온도에서 동적 전단 유변 물성 측정 시험을 실시했을 때 원아스팔트에 대해서는 1.0 kPa 이상, KS M 2259에서 단기 산화된 아스팔트에 대해서는 2.2 kPa 이상이 되어야 한다.

공용성 등급	
평균 7일 최고 포장 설계 온도, °C	
최저 포장 설계 온도, °C	
인화점, KS M ISO 2592, 최저 °C	
점도, KS F 2392	
최대, 3 Pa · s	
시험 온도, °C	
롤링 박막 오븐(KS M 2259)	
동적 전단, KS F 2393	
$G^*/\sin\delta$, 1.0 kPa 이상	소성 변형을 관리하기 위한 기준
시험 온도, 10 rad/s, °C	
질량 손실, % 이하	
동적 전단, TP 5	
$G^*\sin\delta$, 2.2 kPa 이상	소성 변형을 관리하기 위한 기준
시험 온도 10 rad/s, °C	

해설 그림 2 — 아스팔트의 공용성 등급 기준의 소성 변형 인자 규정

4.1.2 피로 균열

시방은 피로 균열의 저항성을 나타내는 피로 인자로 $G^*\sin\delta$ 를 사용한다. 이 기준에서는 해설 그림 3에서와 같이 KS M 2259와 KS F 2391에서 노화된 아스팔트가 상온의 포장 온도에서 $G^*\sin\delta$ 의 값을 5 000 kPa 이하가 되도록 제한하고 있다.

축진 노화 온도, °C	
동적 전단, KS F 2393	
$G^*\sin\delta$, 5 000 kPa 이하	피로 균열을 관리하기 위한 기준
시험 온도 10 rad/s, °C	
물리적 경화	
휨 크리프 강성, KS F 2390	
S, 최대 300 MPa,	
m 값, 0.3 이상	
시험 온도, 60초, °C	

해설 그림 3 — 아스팔트의 공용성 등급 기준의 피로 균열 인자 규정

4.1.3 저온 균열

해설 그림 4는 저온 균열에 대처할 수 있는 기준을 나타낸 것이다. KS M 2259와 KS F 2391에서 노화된 아스팔트를 최저 포장 설계 온도에서 KS F 2390에 따라 시험을 실시할 경우 휨 크리프 강성은 300 MPa 이하, 기울기(m)는 0.3 이상이 되는 두 가지 조건을 동시에 만족하여야 한다.

축진 노화 온도, °C	
동적 전단, KS F 2393	
$G^* \sin \delta$, 5000 kPa 이하	
시험 온도 10 rad/s, °C	
물리적 경화	
휨 크리프 강성, KS F 2390 S,	저온 균열을 관리하기 위한 기준
300 MPa 이하	
m 값, 0.3 이상	
시험 온도, 60초, °C	

해설 그림 4 - 아스팔트의 공용성 등급 저온 규정

4.2 그 밖의 일반적인 시방 규격

아스팔트의 공용성 등급 기준은 안전을 고려하여 모든 성능 등급에 대하여 인화점을 230 °C 이하로 규정하고 있다. 또한 표준은 가열 아스팔트 혼합물 생산에서 아스팔트(특히 개질 아스팔트)의 펌핑과 취급을 보장하기 위해서 135 °C에서의 점도를 최고 3 Pa · s로 규정하고 있다.

모든 성능 등급의 아스팔트에 대하여 KS M 2259를 통해 얻은 잔류물에 1 %의 질량 손실이 허용된다. 이는 가열 아스팔트 혼합물의 생산과 시공 단계에서 과도한 노화(증발)가 발생하지 않도록 하기 위함이다.

5 현장에서 아스팔트의 공용성 등급 결정(예)

공용성에 기초한 아스팔트 등급은 현장 기후 조건에 기초하여 선정된다. 해설 표 1은 공용성에 기초한 아스팔트 등급을 나타낸 것이다. PG 76-xx와 82-xx는 차량이 저속이나 정지해 있는 구간(교차로 부근) 또는 중차량이 많은 구간과 공항에서 적용한다. 특정 현장에 적합한 아스팔트 등급은 다음에 제시된 3가지 방법을 참고하여 산정한다.

해설 표 1 - 공용성에 기초한 아스팔트 등급

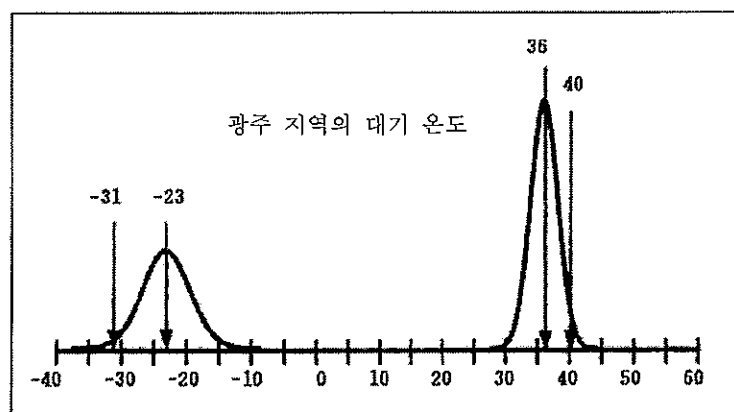
고온 등급(°C)	저온 등급(°C)
PG 46	-34, -40, -46
PG 52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG 58	-16, -22, -28, -34, -40
PG 64	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 70	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 76	-10, -16, -22, -28, -34
PG 82	-10, -16, -22, -28, -34
비고 1 지리적 특성: 현장 위치(도 또는 시·군)를 입력 변수로 아스팔트의 지역 등급을 분류한다.	
비고 2 아스팔트 포장 온도: 설계자는 설계 포장 온도에 대한 정보를 가지고 있어야 한다.	
비고 3 기온: 설계자는 설계 기온을 결정한다. 포장 온도 모델식을 사용하여 설계 기온을 설계 포장 온도로 전환할 수 있다.	

아스팔트 성능 등급을 위한 설계 온도는 대기의 온도보다는 아스팔트 포장 온도를 고려하기 때문에 아스팔트 포장 온도 모델은 고온의 경우 대기 온도보다 약 1.8배 높은 것으로, 최저 포장 온도의 경

KS F 2389:2014

우에는 최저 기온과 같다고 고려하고 있다. 이는 현장 실측 자료에 의해 향후 변경될 가능성이 많다. 일반적으로 최저 포장 온도는 최저 기온보다는 높을 것으로 예상된다.

아스팔트 포장 온도 모델은 설계자로 하여금 아스팔트 설계 포장 온도를 설정할 때 신뢰도 수준을 결정할 수 있게 되어 있다. 아스팔트 포장 온도 모델에서 신뢰도의 정의는 1년 동안 실제 기온(1일 최저 기온 또는 7일간 최고 기온의 평균)이 설계 기온을 초과하지 않을 확률이다. 해설 그림 5에 나와 있는 지역(광주)의 예를 들어 보면 7일간 최고 기온의 평균은 36 °C이고 표준 편차는 2 °C이다. 도수 분포에 따르면 매년 7일 최고 기온이 36 °C를 초과할 가능성은 50 %이다. 그러나 기온이 40 °C를 넘을 가능성은 단지 2 %이다. 따라서 40 °C의 설계 기온은 98 %의 신뢰성을 갖는다. 이와 마찬가지로 1일 최저 평균 기온이 -23 °C이고 표준 편차는 4 °C이므로 98 %의 신뢰도로 최저 기온을 설정하면 -31 °C가 된다.

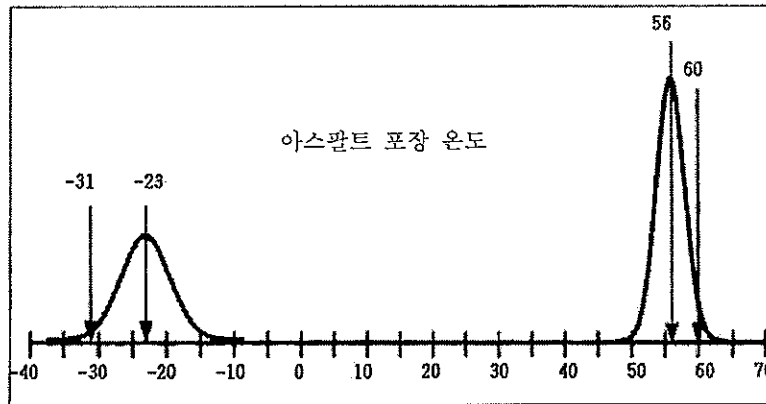


해설 그림 5 - 가상 지역의 최고, 최저 설계 기온의 분포

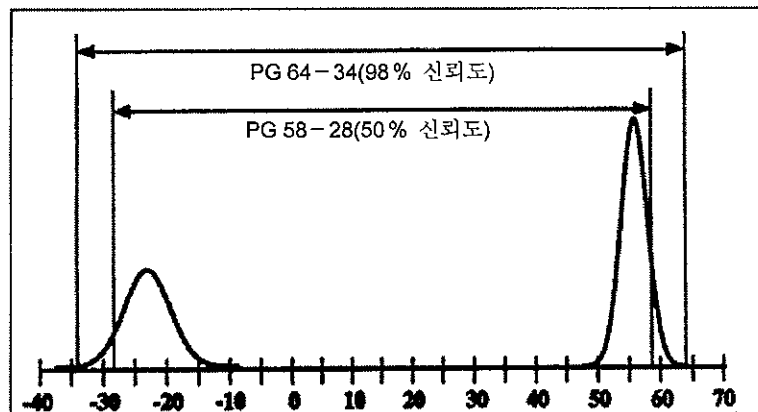
해설 그림 6은 포장 온도 프로그램을 이용하여 가상 지역의 최고 기온과 최저 기온을 아스팔트 포장 온도로 전환한 것을 나타낸 것이다. 이 예에서는 최고 포장 온도는 아스팔트 포장 표면에서 20 mm 깊이의 온도를 계산한 것이고, 최저 온도는 아스팔트 포장 표면에서 계산된 값이다. 해설 그림 7은 신뢰도 수준 98 %와 50 %에서 공용성 등급이 각각 어떻게 선정되는지를 나타내고 있다. 50 % 신뢰도에서 고온 등급은 PG 58-xx이어야 한다. PG 56-xx가 없기 때문에 등급을 상승시켜 PG 58-xx로 하고 결과적으로 50 %의 신뢰도에서 85 %의 신뢰도가 된다. 한편, 50 %의 신뢰도 수준에서의 저온 등급은 신뢰도 수준이 50 %에서 90 %에 근접한 -28 °C가 된다. 98 %의 신뢰도에서 고온 등급은 PG 64-xx이고 저온에서는 PG xx-34로 PG 64-34가 된다.

상술한 아스팔트의 공용성 등급 선정은 기후만을 기초로 한 아스팔트 선정 과정을 나타낸 것이다. 또한 고속 주행 하중이 작용하는 아스팔트 포장에 사용될 것이라는 가정하에 선정된 것이다. $G'/\sin\delta$ 인 소성 변형 인자를 결정하는 동적 전단 유변 물성 측정 시험의 재하 속도는 초당 10라디안(rad)으로 이 각속도는 시속 90 km의 교통 속도에 해당한다. 그러나 이보다 더 느린 속도의 하중은 교차로나 톨게이트 근처에서 발생한다. 어떤 경우에는 버스 정류장과 같이 하중이 이동하는 것이 아니라 정지 상태인 경우도 있다. 이러한 경우에 아스팔트는 소성 변형을 최소화하기 위하여 더 큰 강성(stiffness)을 가져야 한다. 이러한 저속 및 정지 하중 조건에 대비하기 위해서 고온 등급 선택 시 저속 이동 하중의 경우에는 1등급, 정지 하중의 경우에는 2등급을 상향시켜야 한다.

비고 예를 들면 고속 하중에 대해 기후 조건만을 기초한 아스팔트 등급이 PG 64-22라면, 저속 하중을 감당하기 위해서 한 단계 더 높은 등급인 PG 70-22를 사용하여야 하고, 정지 하중에 대하여는 PG 76-22를 선택하여야 한다. 단 재하 속도는 저온 등급 선정에는 영향을 미치지 않는다.



해설 그림 6 - 가상 지역의 최고, 최저 설계 포장 온도 분포



해설 그림 7 - 가상 지역에 대한 아스팔트의 공용성 등급

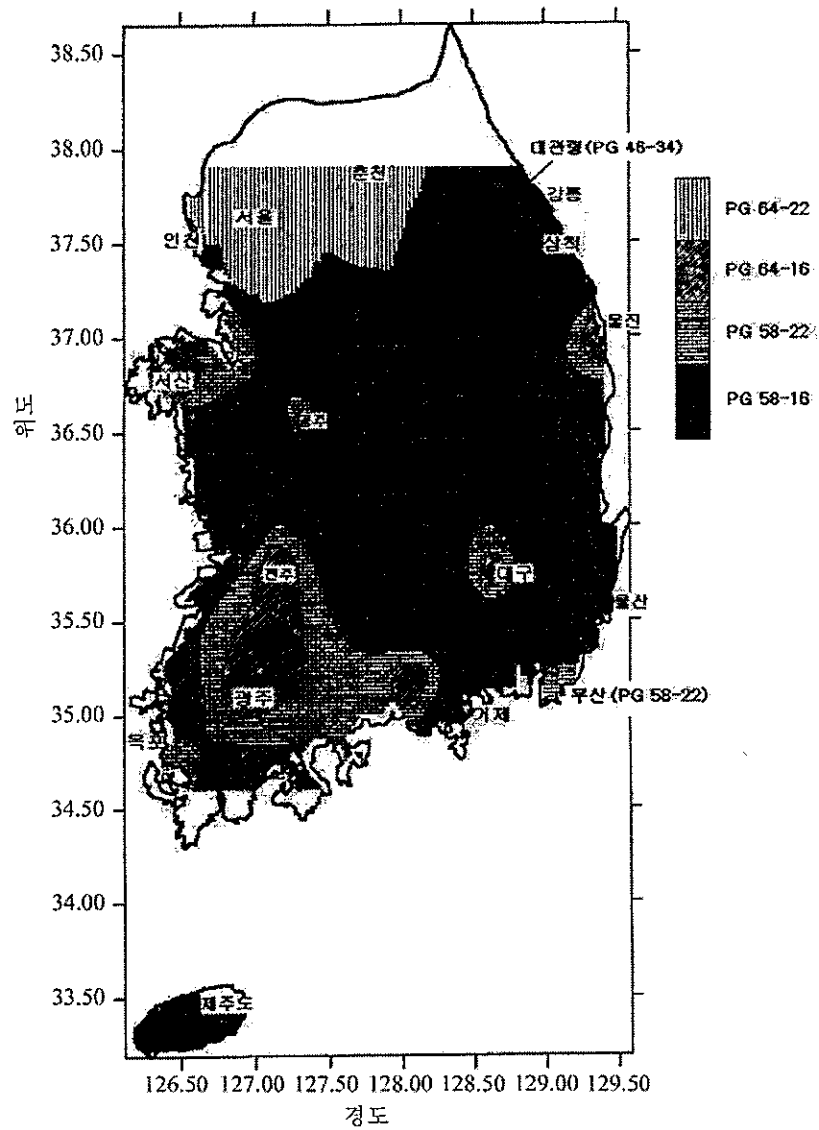
6 우리 나라의 공용성 등급 예측 자료

해설 그림 8은 건설교통부(1997년)에서 수행한 연구 결과이다. 우리 나라 전역의 공용성 등급 분포도를 나타낸 것으로 공용성 등급 선정 시 참조한다. 이 예시는 차량 하중이 작용하지 않은 경우이므로 차량의 통행이 많은 시가지, 중요 도로, 정체 구간 및 교차로에서는 한 등급을 상향하여 조정한다.

비고 예를 들면 해설 그림 8에서 PG 64-xx인 경우 교차로 포장에 적용할 경우 PG 70-xx 또는 PG 76-xx로 적용한다. 다만 중요한 도로 포장이나 공항 포장의 경우 별도의 실측 자료를 활용한다.

또한 해설 그림 8은 1997년 당시 대표적인 구간의 아스팔트 포장 온도를 계측하여 예측 방정식을 사용하였다. 향후 각 도시 및 지역마다 실측 데이터를 수집할 필요가 있다.

KS F 2389:2014



해설 그림 8 - 우리 나라 전역의 공용성 등급 분포도

한국산업표준

아스팔트의 공용성 등급

발간 • 보급

한 국 표 준 협 회

153-787 서울특별시 금천구 가산디지털1로 145

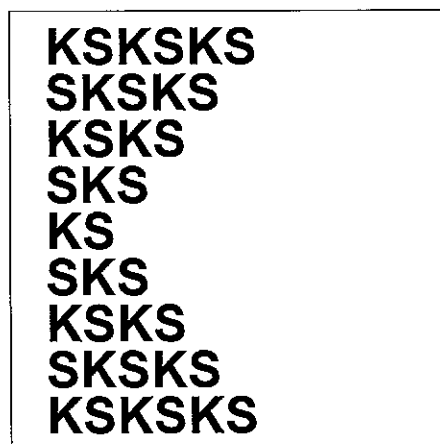
에이스하이엔드타워 3차(16층)

☎ (02)2624-0114

☎ (02)2624-0148

<http://www.kssn.net>

KS F 2389:2014



Performance grade for asphalt binder

ICS 75.140

Korean Agency for Technology and Standards
<http://www.kats.go.kr>