

재생아스팔트 혼합물

2013

한국건설기술연구원
정 규 동



재생 아스팔트 혼합물 사용 현황



재생 아스팔트 포장 실용화 현황

연구 개발

1996년
재생 아스팔트
혼합물의 개발
연구 시작



기술 표준화

1999년
아스콘 순환골재의
KS 기준

2000년
서울시 재생 아스팔트
포장 시방서

2005년
건설폐자재 재활용
도로 포장 지침

2010년 2월
가열 아스팔트 혼합물
KS 기준에 재생포함

인증

2000년
GR 인증(재활용
가열 아스팔트 혼합물,
2009개정)

2002년
GR 인증(재활용
상온 아스팔트 혼합물,
2010개정)

2006년
국토해양부
순환골재 품질인증

법률

2009년
건설폐기물의 재활용
촉진에 관한 법률

2010년 5월
건설폐기물의 재활용
촉진에 관한 법률 시행령

2010년 6월
순환골재 의무사용 시행

아스팔트 포장 재활용 기준 현황

순환골재

- 국토해양부, 순환골재 품질인증
- 국토해양부, 건설폐자재 재활용 도로 포장 지침(2005)
- KS 2572 아스팔트 콘크리트용 순환골재

재생 아스팔트 혼합물

- 국토해양부, 건설폐자재 재활용 도로 포장 지침(2005)
- GR F 4005 재활용 가열 아스팔트 혼합물(2009)
- KS F 2349 가열 아스팔트 혼합물(2010)

페아스팔트콘크리트 사용현황

종류	사용량(톤/년)	비율
도로기층용	614.0	0.4%
도로보조기층용	27,455.7	15.7%
동상방지층 및 차단층용	338.9	0.2%
노상용	5,029.6	2.9%
노체용	49,694.8	28.4%
뒤메우기및릿채움용	19,353.4	11.1%
성토용/복토용	54,268.9	31.0%
보관량	18,291.4	10.4%
합 계	175,046.8	100%

※ 대한건설폐기물공제조합, 2009년

전국 재생아스콘 사용 현황

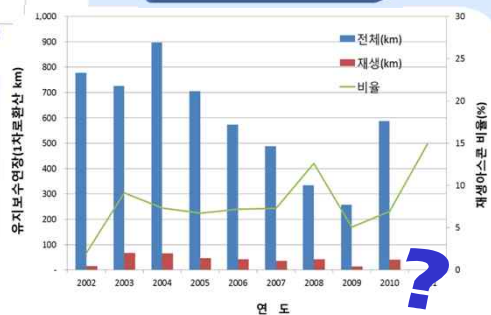
전국 재생 아스콘 사용량



* 한국재생아스콘협회, 한국아스콘공업협동조합연합회



국도 재생 포장 연장



* 국도 유지보수 현황(아스팔트 포장 기준)

외국의 재생 아스팔트 콘크리트 사용현황

일본	네덜란드	필란드	독일	덴마크	스웨덴	벨기에
70.7%	72%	46%	60%	46%	50%	44%

※ EAPA(European Asphalt Pavement Association) – 2009 참조



신규 재료



아스팔트 (배합설계용 혼합온도 및 다짐온도)

- 아스팔트 종류 :
침입도 등급 80~100 추천
- 주로 KS F 2393에 의한 아스팔트의 동점도
시험으로 온도 범위를 결정함
- 혼합용 동점도 : 170 ± 20 cSt
- 다짐용 동점도 : 280 ± 30 cSt

〈표 4.1〉 아스팔트 혼합물의 혼합 동점도와 다짐 동점도 기준

혼합용 동점도 (cSt)	다짐용 동점도 (cSt)
170 ± 20 (150~190)	280 ± 30 (250~310)

〈표 4.2〉 아스팔트 혼합물의 일반적인 혼합 온도와 다짐 온도

아스팔트 종류	혼 합 온 도(℃)	다 짐 온 도(℃)
침입도 등급 60~80(PG64~22)	150 ± 5	140 ± 2
PG76~22	165 ± 5	150 ± 2

골재의 종류 선정

굵은 골재 입도

골 재 번 호	체호칭치수 (mm)	각 체를 통과하는 중량 백분율(%)									
		65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
3	50~25	100	90~100	35~70	0~15	—	0~5	—	—	—	—
4	40~20	—	100	90~100	20~55	0~15	—	0~5	—	—	—
5	25~13	—	—	100	90~100	20~55	0~10	0~5	—	—	—
6	20~10	—	—	—	100	90~100	20~55	0~15	0~5	—	—
7	13~5	—	—	—	—	100	90~100	40~70	0~15	0~5	—
8	10~2.5	—	—	—	—	—	100	85~100	10~30	0~10	0~5

- 골재번호 3, 4, 5, 6, 7, 8 등의 단립도 굵은 골재를 사용하는 것이 품질관리에 좋음.
- 단립도 굵은 골재를 사용하지 않을 경우 정확한 목표 입도를 맞추기 어렵고, 콜드빈과 핫빈의 입도차가 발생하여 오버플로우가 발생하고, 품질의 불균일성을 증대시킴
- 잔골재는 부순모래 (screenings) 를 사용하고, 강모래는 소성변형에 대한 저항성을 떨어뜨리므로 사용하지 않는 것이 품질 확보에 좋음

골재의 품질 및 저장

골재의 품질

구분	굵은골재		잔골재
	기준	표준	
밀도	2,50이상	2,50이상	2,50이상
흡수율(%)	3이하	3이하	3이하
안정성(%)	12이하	12이하	15이하
편장석률(%)	30이하	30이하	-
마모율(회)	40이하	35이하	-
파쇄면비율(%)	85이상	85이상	
모래당량(%)			50이상
잔골재공극율(%)			45이상

- 편장석율이 높을 경우 소성변형의 발생확률이 높으므로, 편장석률이 최소화 될 수 있는 파쇄방법 필요

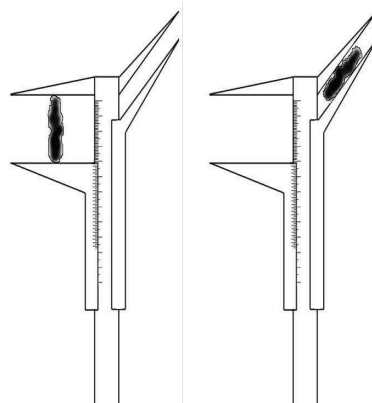
등급	기준	적용 범위
1등급	편장석률 10% 이하	4차로 이상의 도로(신설 및 덧씌우기) 교차로 및 중차량 통행이 빈번한 도로 발주처에서 중요하다고 인정하는 도로
2등급	편장석률 20% 이하	2차로 이하의 일반국도 교차로 및 중차량 통행이 빈번한 도로 발주처에서 중요하다고 인정하는 도로
3등급	편장석률 30% 이하	2차로 이하의 지방도, 군도, 농로 등

골재의 저장

- 잔골재는 반드시 상설 지붕이 있는 시설에 보관하며, 굵은골재는 빗물에 노출되지 않도록 덮개나 상설 지붕 시설에 보관함

골재 편장석 시험기

- KS F 2575 기준에 적합
- 골재 입형 시험에 사용
- 측정기의 두 변이 1 : 3의 비율로 벌어짐
- 버니어캘리퍼스로 측정기의 큰 변의 길이가 3cm, 9cm 일 때 작은 변의 길이가 1cm, 3cm 인지 확인



채움재

채움재의 종류(추천)

- 석회석분, 포틀랜드 시멘트, 소석회, 회수더스트

입도 기준

체의 호칭 크기 (mm)	체 통과 질량 백분율 (%)
0.6	100
0.3	95 이상
0.15	90 이상
0.075	70 이상

품질 기준

- 석회석분, 포틀랜드 시멘트, 소석회
=> 수분함량 : 1%이하, 비중 : 보고
- 회수더스트 사용시

구 분	기준값
소성지수	6 이하
흐름시험	50% 이하
침수팽창	3% 이하
박리저항성	1/4 이하
수분함량	1 이하
이물질함량	1 이하
PRV	보 고
비 중	보 고

- PRV(Percent of Rigid Voids) : 채움재의 다짐 공극률로써 RV 시험용 물들에서 다짐한 시편의 내부에 포함된 공극의 비율
- BVF(Bulk Volume of Filler) : 아스팔트 혼합물에 포함된 0.075mm 체통과 골재의 비중으로 계산한 체적과 아스팔트의 체적을 합한 체적에 대한 0.075mm체 통과 골재의 겉보기 체적 비율



아스팔트 콘크리트 순환골재





아스팔트 포장 절삭



상온절삭 드럼



드럼 팁

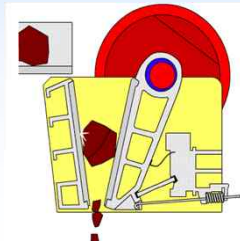
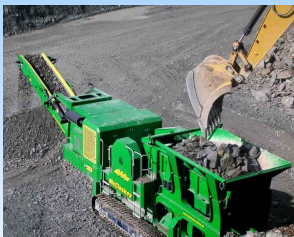
아스팔트 포장 절삭



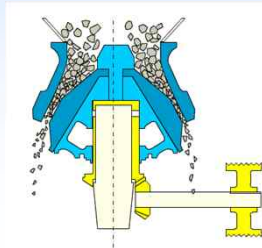
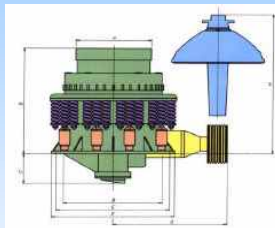
포장 절삭 후 노면 청소

페아스팔트콘크리트의 파쇄

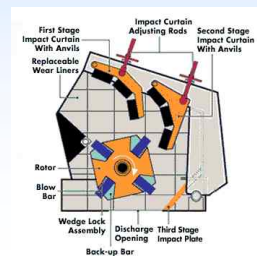
O
Jaw Crusher



X
Cone Crusher



O
Impact Crusher



선별



스크린 크기?



아스팔트콘크리트용 순환골재

구 분		기 준
구재 아스팔트 함량(%)		3.8 이상
구재 아스팔트 침입도(25°C, 1/10mm)		20 이상
씻기 시험에서 손실되는 양(%)		5 이하
이물질	유기이물질	1 이하(체적기준) ²⁾
	무기이물질	1 이하(질량기준)
최대 입경(mm)		20~13mm, 13mm 이하(조정가능)
저장 장소		³⁾ 참조
저장 높이(m)		4 이하
저장 기간(년)		1 이하

1) 저장 중 다른 골재와 섞이거나 나무조각, 금속편 등 이물질이 섞이지 않아야 한다.

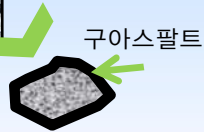
2) 유기이물질량은 체적기준이며, 구재 아스팔트 함량을 제외한다.

3) 빗물에 노출되지 않도록 천막이나 덮개 시설에 보관

구재 아스팔트?

구재 아스팔트

- 아스팔트 콘크리트용 순환 골재 중
에 함유된 노화된 아스팔트



구재 아스팔트 침입도

- 아스팔트 콘크리트 순환골재를
원심분리하여 구아스팔트를 추출
하고, 이를 이용하여 침입도 시
험한 것

구재 아스팔트량

- 아스팔트 콘크리트용 순환 골재 중 구
재 아스팔트의 질량 백분율

재생아스팔트 혼합물의 구성

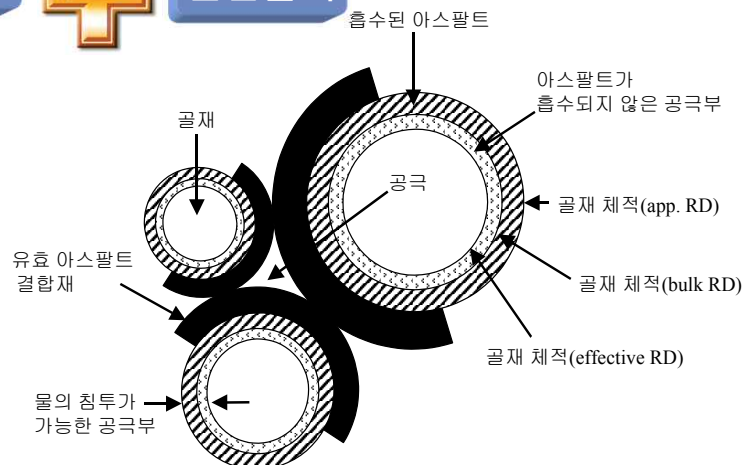
아스팔트

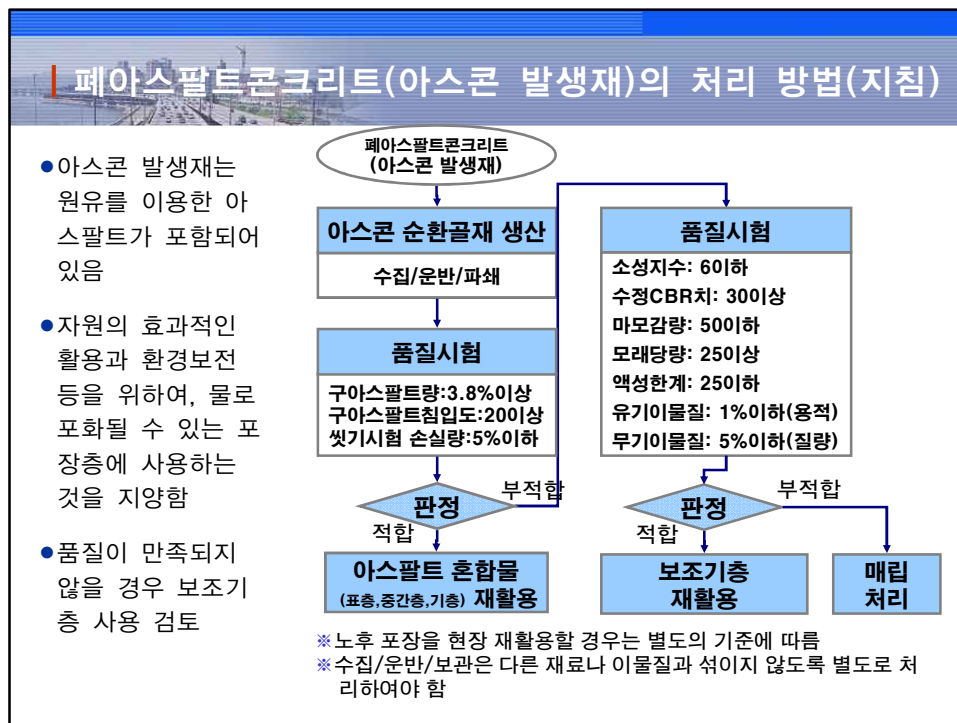


순환골재

골재

채움재





아스팔트 포장의 재활용 공법 분류

재활용 구분	재활용 공법	적용 포장층
플랜트 (정치식)	플랜트 재생 가열 아스팔트 혼합물	표층, 중간층, 기층
	플랜트 재생 상온 아스팔트 혼합물	기층
현 장 (이동식)	현장 가열 표층 재생 아스팔트 포장	표층



국토교통부 KICT 한국건설기술연구원

플랜트 재생 가열 아스팔트 혼합물

개 요

- 아스콘 생산플랜트에서 아스콘 순환골재를 간접가열방식의 재생드라이어로 가열하여 재생아스콘을 생산하는 방법

주요 품질 관리 항목

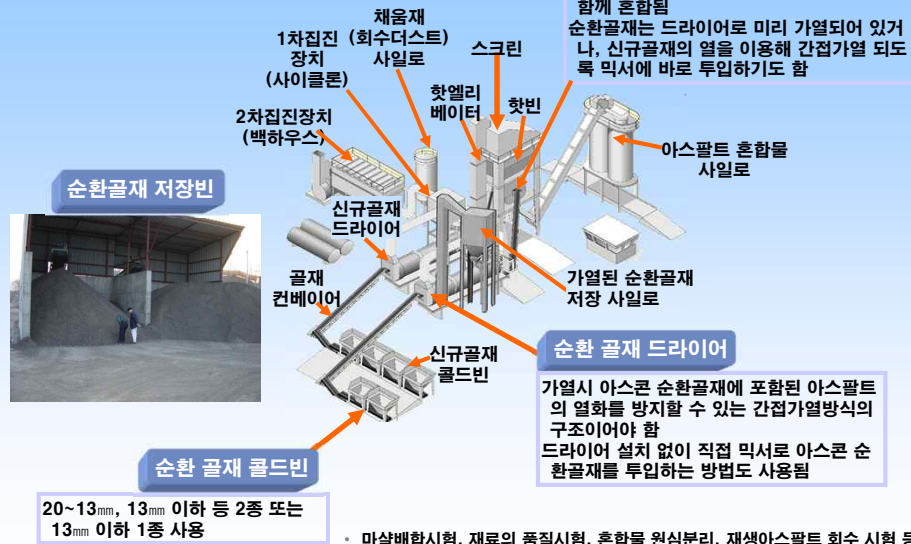
- 신규아스팔트 종류 (침입도등급 80-100 추천)
- 배합설계시 설계침입도 검토 여부
- 생산된 아스팔트 혼합물의 추출 후 침입도가 55 이상 인지 여부

장단점

장 점	단 점
대량생산 가능 품질관리 용이 기존 플랜트에 재활용설비 추가하여 재생아스콘 생산 가능	추가적인 대규모 순환골재 적치장 필요. 전용크러셔 및 선별장비 필요 폐아스콘 또는 순환골재 운반 및 파쇄 등의 처리 필요

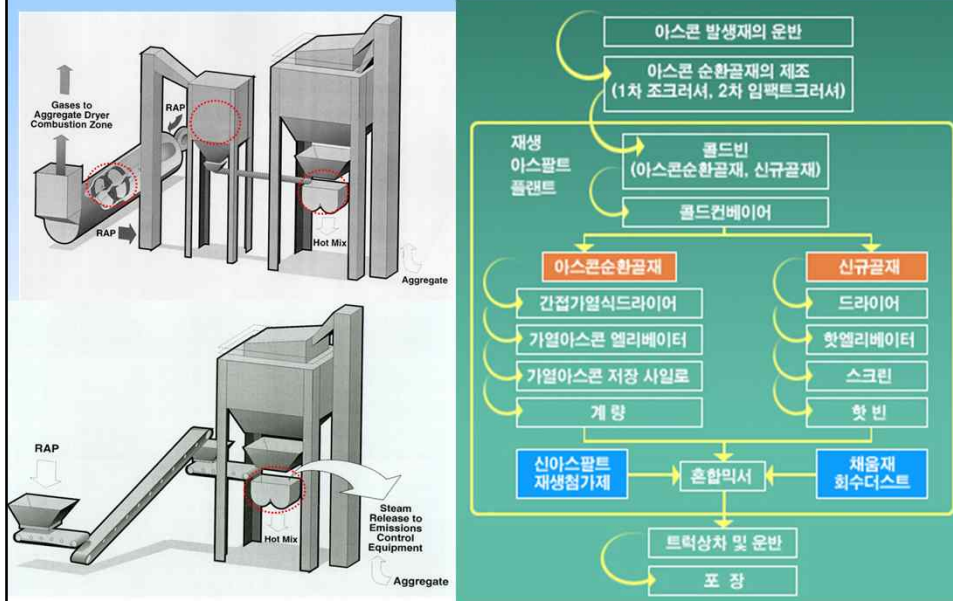


재생 아스팔트 플랜트



- 마샬배합시험, 재료의 품질시험, 혼합물 원심분리, 재생아스팔트 회수 시험 등을 수행할 수 있는 설비가 있어야 함
- 혼합물 원심분리, 아스팔트 재생시험을 위해서는 환기시설 등의 안전시설 필요

재생 아스팔트 혼합물 생산 공정

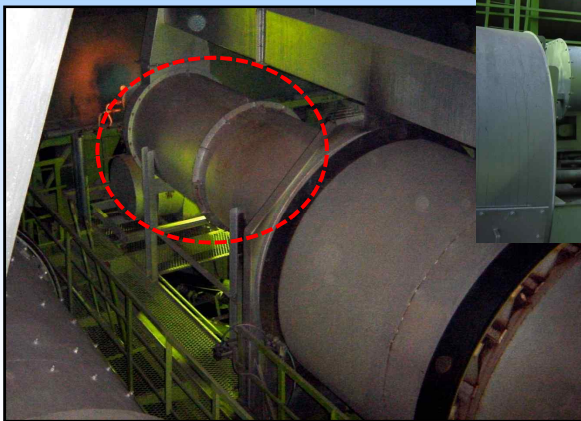




재생 아스팔트 혼합물 생산

신규골재 드라이어

순환골재 드라이어



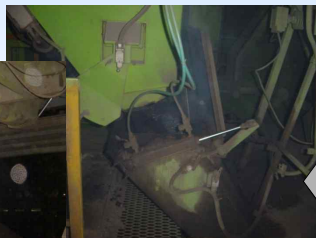
재생 아스팔트 혼합물 생산(계속)



가열된 순환골재를 버킷엘리베이터를 이용하여 사일로로 이동



재생 아스팔트 혼합물 생산(계속)



재생 아스팔트 혼합물 종류

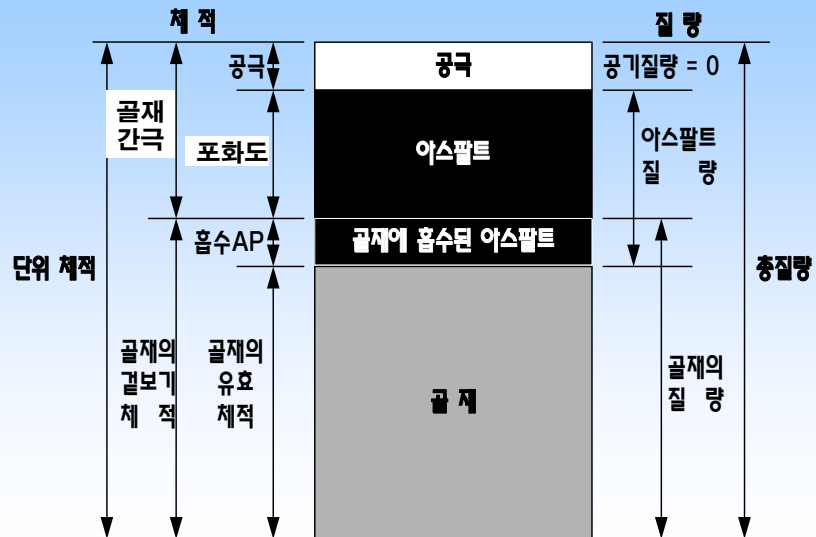
구 분		KS F 2349	GR F 4005	국토부 지침
순환골재 품질기준		KS F 2572	KS F 2572	3.8 이상
사용율 (%)	기층용	-	25% 이상	50 이하
	표층용			30 이하
혼합물 종류	기층용	BB-1 ~ BB-4 (40~25mm)	BB-1 ~ BB-3 (40~25mm)	BB-1R ~ BB-4R (40~25mm)
	중간층용	BC-1 (20mm)	표층용과 동일	WC-5R
	표층용	WC-1 ~ WC-5 (13, 20mm)	조립도, 밀입도, 세립도, 밀입도캡 등 (13, 20mm)	WC-1R~WC-6R (13, 20mm)

재생 아스팔트 혼합물 품질기준(기층용)

구 분	KS F 2349	GR F 4008	국토부 지침
안정도(N)	(3500, 5000) 이상	4,200 이상	(3500, 4900) 이상
흐름값(1/100cm)	10 ~ 40	10 ~ 40	10 ~ 40
공극률(%)	3 ~ 8	3 ~ 10	4 ~ 6
포화도(%)	60 ~ 75	-	65~75
골재간극률(%)	-	-	골재최대크기, 설계공극률 따름
간접인장강도(N/mm ²)	0.6 이상	-	-
터프니스(N·mm)	6,000 이상	-	-
아스팔트 추출 후 침입도(1/10mm)	55 이상	-	40~80

아스팔트 추출 후 침입도는 반기별 1회 시험

아스팔트 혼합물의 체적 개념



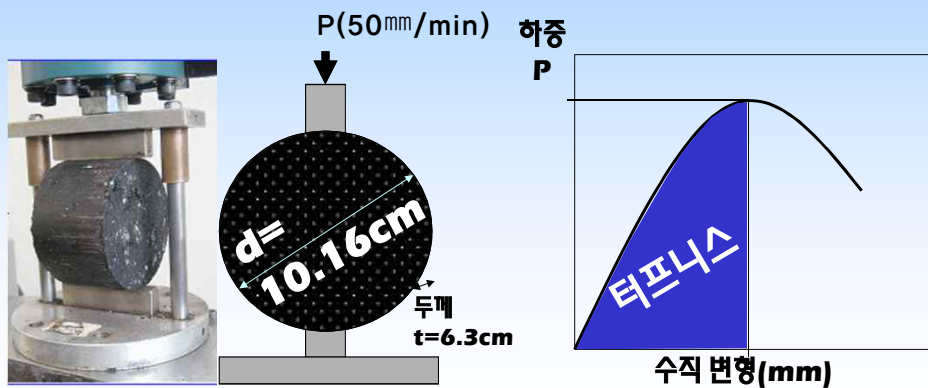
간접인장강도(ITS) 관련 시험 방법

간접인장강도 = $2 \cdot P / (\pi \cdot d \cdot T)$

터프니스 = 간접인장강도 시험 중 「하중-변위곡선」의 면적

인장 강도비 =

[무처리 간접인장강도] / [수분처리(60℃, 24시간) 후 간접인장강도]



재생 아스팔트 혼합물 품질기준(표층,중간층용)

표 층 용

구 분	KS F 2349	GR F 4005	국토부 지침
안정도(N)	(5000,6000,7500)이상	(6000, 7500) 이상	(5000,5880,7350) 이상
흐름값(1/100cm)	(15, 20) ~ 40	20 ~ 40	(15, 20) ~ 40
공극률(%)	3 ~ (5, 6)	3 ~ (5, 6, 7)	3 ~ (5, 6)
포화도(%)	(65, 70) ~ (80, 85)	(65, 70, 75) ~ (80, 85)	(65, 70) ~ (80, 85)
골재간극률(%)	(12,13,14,15,16) 이상	-	(12,13,14,15,16) 이상
간접인장강도(N/mm ²)	0.8 이상	0.8 이상	-
터프니스(N·mm)	8,000 이상	8,000 이상	-
인장 강도비(TSR)	0.75 이상	0.7 이상	-
동적안정도(회/mm)	(750, 1000) 이상	-	-
아스팔트 추출 후 침입도(1/10mm)	55 이상	-	40~80

인장 강도비, 동적안정도, 아스팔트 추출 후 침입도 시험은 반기별 1회

중간층용

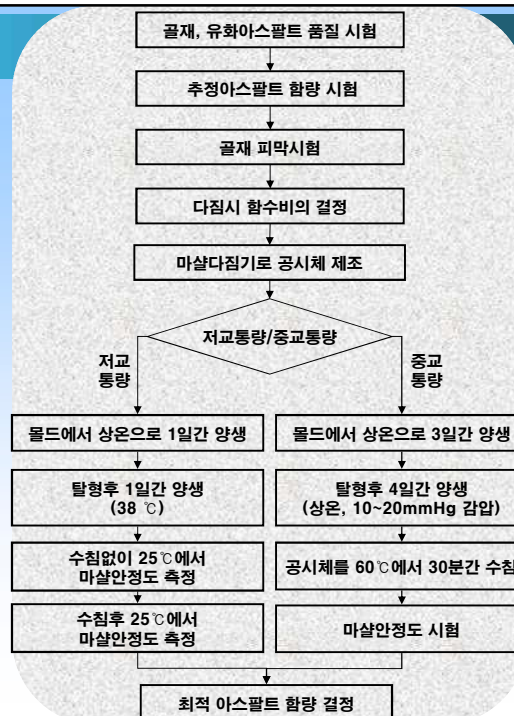
중간층용 재생아스팔트 혼합물의 GR F 4008, 국토부지침은 표층용과 동일

구 분	KS F 2349	구 분	KS F 2349
안정도(N)	(5000, 7500) 이상	간접인장강도(N/mm ²)	0.8 이상
흐름값(1/100cm)	20 ~ 40	터프니스(N·mm)	8,000 이상
공극률(%)	3 ~ 7	아스팔트 추출 후 침입도(1/10mm)	55 이상
포화도(%)	65 ~ 85		

상온 재생 아스팔트 혼합물 배합설계 방법

- 적용 포장의 교통량에 따라 배합설계 방법과 마찰시험 기준 값 결정

대형차 교통량 1일 1000대 이상,
또는 설계 ESAL>10⁶이면,
중교통량 도로이며,
그 이하는 저교통량 도로



상온 재생 아스팔트 혼합물의 품질기준(기층)

골재함성입도

종류	BB-1R	BB-2R	BB-3R
체크기			
50mm	100	-	-
40mm	95 ~ 100	100	-
30mm	-	-	-
25mm	70 ~ 100	-	100
19mm	55 ~ 90	55 ~ 90	75 ~ 100
10mm	30 ~ 70	40 ~ 70	50 ~ 85
5mm	17 ~ 55	28 ~ 55	30 ~ 70
2.5mm	10 ~ 42	-	-
2.0mm	-	17 ~ 40	20 ~ 50
0.6mm	5 ~ 28	-	-
0.4mm	-	5 ~ 23	5 ~ 25
0.3mm	3 ~ 22	-	-
0.15mm	-	-	-
0.08mm	1 ~ 10	1 ~ 7	1 ~ 7
아스팔트량(%)	3.5 ~ 5.5		

통과 중량 백분율 (%)

저교통량 도로용 시험기준 값

구분	기준 값	비 고
상온마찰안정도 (25℃)	2.5kN이상	다짐 : 양면 각 50회
안정도 손실률(%)	50 이하	
공극율(%)	3~15	
골재 피막율(%)	50 이상	

중교통량 도로용 시험기준 값

구분	기준 값	비 고
가열마찰안정도 (60℃)	3.5kN 이상	다짐 : 양면 각 50회
흐름값(1/100cm)	10~40	
공극율(%)	3~10	
골재 피막율(%)	50 이상	

상온 재생 아스콘 기준 (GR F 4026)

품질?

- 유화아스팔트 : MS(C)-1~4, MS(A)-1~4
- 재생첨가제 투입 가능
- 선화다짐기로 다짐
- 60±1℃ 오븐에서 48시간 양생
- 상온의 실내 2~3시간 후 탈형

표층용

혼합물의종류 (최대입자지름)	밀입도 아스팔트 콘크리트			개립도 아스팔트 콘크리트		
	(20)	(13)	(10)	(20)	(13)	(10)
선회다짐회수 (회)	50			50		
마찰안정도(25℃, kg)	500이상			350이상		
흐름값 (1/100 _{cm})	20 ~ 50					
공극률 (%)	3 ~ 10			3 ~ 12		
포화도 (%)	60 ~ 85			-		
간접인장강도(건조상태) (25℃)(kPa)	150이상			110이상		
잔류인장강도(%)	75 이상			65이상		

기층용

항 목	기 준 치
안 정 도(25℃) (kg)	350이상
흐 름 값 (1/100cm)	10 ~ 50
공 극 률 (%)	3 ~ 12

* 순환골재 10~70%

* 순환골재 10~50%

아스팔트 혼합물의 현장 배합 오차

항 목		표층용, 중간층용	기층용
골재 질량 백분율	4.75 mm 이상	±5%	±8%
	2.36 mm	±4%	±5%
	0.6mm ~ 0.15mm	±3%	±4%
	0.075mm	±2%	±2%
	아스팔트 함량	±0.3%	
온 도		±15℃	

신규 아스팔트 포장과 재생 아스팔트 포장의 차이점

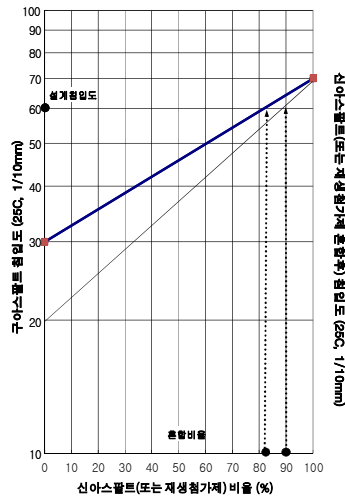
구분	신규 아스팔트 포장	재생 아스팔트 포장
적용포장층	• 표층,아스팔트기층	•좌동 (설계시 신아스팔트포장과 동일하게 적용)
재료및시험	•신아스팔트(침입도 등) 골재, 채움재(입도,비중,마모율등)	•신아스팔트(침입도 등) •골재, 채움재(입도,비중,마모율등) •순환골재(침입도,AP함량,골재입도) •재생첨가제(점도,구아스팔트추가후침입도)
배합설계	•등급화된 신아스팔트를 사용하여 마샬배합설계로 각재료의 비율결정	•설계등급에 따라 신아스팔트와 재생첨가제의 비율을 조정하여 배합설계로 각 재료의 비율결정 •품질기준 일부 차이
혼합물생산	•콜드빈의 골재를 드라이어에서 가열하여 체가름 후 믹서에서 아스팔트와 혼합	•신골재와 아스콘 순환 골재를 콜드빈에서 별도의 드라이어로 투입하여 가열한 후 믹서에서 아스팔트와 신골재, 재생골재를 혼합
운반,포설,다짐	•덤프트럭→아스팔트페이퍼→다짐(마카담롤러, 타이어롤러, 탠덤롤러)	•좌동(혼합물의 온도유지에 주의 하여야 함)



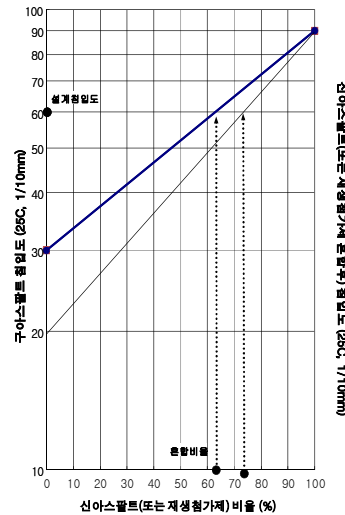
아스콘 발생재 침입도 시험 결과				
	번호	지역	아스팔트함량	침입도
	1	경기도	4.2	22
	2	경기도	4.6	18
	3	경상도	4.3	19
	4	경상도	4.4	21
	5	경상도	4.5	23
	6	전라도	4.3	22
	7	충청도	4.2	18
	8	충청도	4.4	21
	평균			21

신아스팔트에 따른 순환골재 사용비율

신아스팔트(침입도 65)



신아스팔트(침입도 90)



주요 품질관리 방안



- 재생 가열 아스팔트 혼합물은 적정 품질 관리시 신 아스팔트 혼합물 이상의 품질 확보 가능
- 순환골재는 파쇄되어 피막된 아스팔트의 대부분이 공기와 접하기 때문에 노화가 쉽게 됨.
선입선출 적용 및 빗물이 스며들지 않게하여 추가적인 노화 방지 필요
- 순환골재의 사용량이 적을 수록 품질관리 용이
- 순환골재 사용량이 약 15% 이상이면, 침입도 60-80 아스팔트를 침입도 90 이상의 아스팔트로 대체 사용
- 순환골재 사용량이 높아질 수록 소성변형 저항성이 높아지며, 이에 따라 마찰안정도, 동적안정도 등이 높아질 수 있음
 - ◆ 그러나, 균열이 조기에 발생할 수 있음
 - ◆ 따라서, 아스팔트의 설계침입도(최하 55) 관리를 통해 품질 확보 필요
- 재생 첨가제는 재생 아스팔트 혼합물의 균열 저항성을 확보하는데 효과적 단, 적합한 배합설계 없이 적정량 이상 사용할 경우 소성변형에 취약
- 중온화 첨가제를 적용할 경우 재생 아스팔트 혼합물이 일반 보다 30°C 낮은 온도에서 생산하여도 혼합 및 다짐도 확보가능
 - ◆ 순환골재의 가열온도 관리 용이
 - ◆ 이산화탄소 저감 및 악취와 유증기 감소로 민원저감과 친환경 효과