

# 「산업부산물 재활용 도로 포장 잠정지침」 소개 I

## – 페타이어와 회수더스트 –



임 광 수 | 국토해양부 간선도로과 사무관  
 김 연 복 | 정회원·한국건설기술연구원 연구위원  
 황 성 도 | 정회원·한국건설기술연구원 선임연구원  
 정 규 동 | 정회원·한국건설기술연구원 연구원

### 1. 개요

아스팔트 콘크리트 포장은 주행 시 승차감이 좋고, 소음이 적으며, 유지보수가 용이하고, 시공 후 즉시 교통개방이 가능하기 때문에 현재 대부분의 국도나 지방도 등에서 사용되고 있다. 그리고, 개질아스팔트 콘크리트 포장, SMA 포장 등으로 중교통량에도 소성변형 저감 등의 효과를 나타내고 있으며, 최근에는 배수성 포장 및 저소음 포장 등으로 쾌적한 도심지 건설을 위한 안전성과 기능성을 더하게 되었다.

이러한 아스팔트 콘크리트 포장의 재료는 골재가 주로 사용되며, 아스팔트가 결합제로 4~6% 사용되고 있다. 그리고, 아스팔트는 일부 산업부산물을 포함한 폴리머, 고무 등의 첨가제로 개질할 경우 아스팔트 콘크리트 포장의 온도민감성이 줄어들고, 내구성이 증가하는 특성이 있어 현재까지 다양한 재료가 아스팔트 콘크리트 포장에 사용되어져 왔다.

따라서, 국토해양부에서는 산업부산물에서 아스팔트 콘크리트 포장의 성능을 증진시킬 수 있거나, 포장의 성능 저하가 없이 폐자재의 재활용에 따른 환경보

전 효과가 큰 재료를 선정 및 재활용기준을 연구하여 2008년도에 ‘산업부산물 재활용 도로 포장 잠정지침’을 발간하였다.

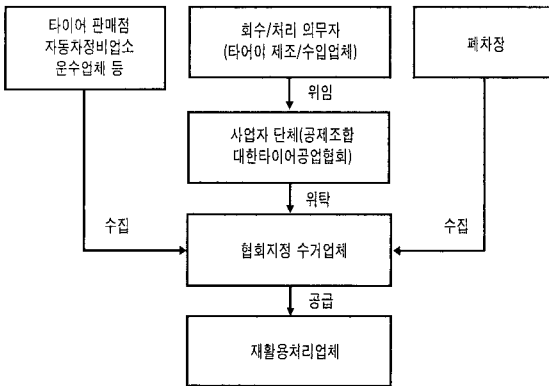
본 기사는 잠정지침의 내용 중에 아스팔트 콘크리트 포장에 재활용 되는 페타이어 및 회수더스트의 재료별 재활용 기준과 사용효과를 설명한다.

### 2. 페타이어 재활용

#### 2.1 페타이어의 발생 및 처리 현황

페타이어는 환경부고시 “폐기물회수 및 처리방법에 관한 규정”에 의하여 페타이어 회수의무자인 타이어제조 업체 및 수입업체가 중심이 되어 대한타이어공업협회를 구성하였으며, <그림 1>과 같이 이 협회가 전국에서 지정수거업자를 지정하여 관리하고 있다. 수거업자는 카센터 등의 배출자 요청에 의하여 유상으로 페타이어를 수거하며 재활용업자에게 무상으로 페타이어를 공급한다. 또한 타이어공업협회는 지정수거업자로부터 수거 및 처리실적을 보고 받고 수거비를 지급한다.

대한타이어공업협회의 자료에 따르면 2006년 폐타이어의 연간발생량은 2001년에 비하여 40%가 증가한 23백만개가 발생하였다. 그리고, 2006년도에 고무분말 등의 가공이용, 시멘트 킬른의 열이용, 원형이용 등으로 약 79%가 재활용되었으며, 시멘트 공장 킬른(소성로)의 열원으로 사용하는 경우가 61.2%로 재활용의 대부분을 차지하였다.



〈그림 1〉 폐타이어 발생 및 처리 방법

## 2.2 폐타이어의 아스팔트 콘크리트 포장 재활용 현황

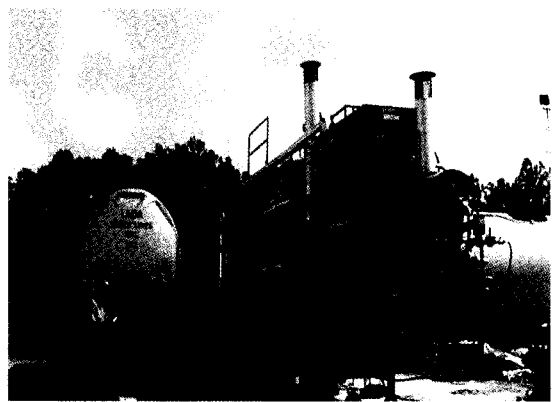
폐타이어는 현재 태워서 열원으로 사용하는 방법으로 많이 재활용 되고 있으나, 외국에서는 폐타이어 고무 분말로 아스팔트 콘크리트 포장 등에 사용하는 방법이 많이 연구되고 실용화되어 있다. 이 방법은 재활용에 따른 2차오염이 발생하지 않을 뿐만 아니라, 아스팔트 콘크리트 포장에 재활용할 경우 소성변형 저감 효과를 얻을 수 있어 매우 효과적이다.

국내에서 폐타이어 고무분말을 이용한 아스팔트 혼합물을 제조하는 방법에는 습식(Wet) 방법과 건식(Dry) 방법이 있다.

건식 방법은 1960년대에 스웨덴에서 개발되었으며, 골재의 약 3%를 고무분말로 대체하여 골재와 아스팔트 혼합 중에 투입하는 방법이다. 습식 방법보다 사용하는

고무분말의 크기가 크고, 약 2배 정도 고무분말을 더 많이 사용하며, 고가 장비가 필요 없는 장점이 있으나, 아스팔트 혼합물의 개질 효과가 높지 않은 단점이 있다.

습식 방법으로는 1964년도에 Chales McDonald가 고무 아스팔트를 사용하여 공학과 도로에 'Bland-aid'란 이름으로 포장한 McDonald 공법이 대표적이다. 이 방법은 〈그림 2〉와 같은 장비를 사용하여 고무와 아스팔트를 골재와 혼합전에 미리 혼합 가열하여 아스팔트 바인더의 품질을 개선한 것이 특징이다.



〈그림 2〉 아스팔트와 폐타이어 혼합 장비

## 2.3 폐타이어 재활용 지침의 주요 내용

잠정치침은 폐타이어 고무, 폐타이어 고무 개질 아스팔트, 폐타이어 고무 개질 아스팔트 혼합물 등으로 구분하여 품질기준과 생산 방법 등을 수록하였다. 그리고, 재활용 방법에 따라 폐타이어 고무를 플랜트 믹서에서 골재와 혼합하는 방법(건식혼합 방법)과 아스팔트와 혼합 후 골재와 혼합하는 방법(습식혼합 방법) 등의 재료 및 생산 기준 제시하였다.

폐타이어 고무는 선별과정을 통해 철사, 섬유 등의 불순물과 유해물질을 제거하여야 한다. 그리고, 〈표 1〉과 같은 입도범위를 만족해야하며, 품질기준은 〈표 2〉와 같다.

폐타이어 고무 개질 아스팔트는 습식방법으로 폐타

〈표 1〉 페타이어 고무의 입도

체 호칭 치수	종류	CRM-1	CRM-2	CRM-3
		1.18mm	100	
0.60mm		70-100	100	
0.30mm		20-40	25-35	100
0.15mm			05월 10일	50-80
0.08mm			0-2	

〈표 2〉 페타이어 고무의 품질기준

종류		기준
화학 성분	카본블랙(%)	25 - 38
	회분(%)	0 ~ 8
	아세톤 추출물(%)	10월 18일
	고무 중합체(%)	20 - 50
수분 함량(%)		0 ~ 0.75
섬유질 함량(%)		0 ~ 0.5
금속입자 함량(%)		0 ~ 0.01
광물질 함량(%)		0 ~ 0.25
비 중		1.15 .05

〈표 3〉 교통량에 따른 페타이어 개질 아스팔트 품질 기준

교통량(EASL)	공용성 등급
EASL ≤ 106	PG 64-22 품질 이상
106 ≤ EASL ≤ 107	PG 72-22 품질 이상
EASL ≥ 107	PG 76-22 품질 이상

이어 고무와 아스팔트를 미리 혼합하여 사용할 때 적용하는 기준이며, 〈표 3〉을 만족하여야 한다. 이 때 PG 등급시험시의 DSR 시험의 시료는 시험오차를 줄이기 위해 0.6mm 시험용체를 이용하여 0.6mm 이상의 페타

이어 고무를 제거한 아스팔트로 시험하여야 한다.

페타이어 고무 개질 아스팔트 혼합물은 표층용 밀립도 아스팔트 혼합물에 적용하며, 습식방법 및 건식방법으로 생산할 수 있다. 건식방법으로 생산할 경우에는 페타이어 고무 입도가 CRM-2 또는 CRM-3를 만족하여야 한다. 〈표 1〉

품질기준은 잔류인장강도 비율이 70% 이상이어야 하며, 그 외는 일반적인 밀립도 아스팔트 혼합물의 품질기준과 동일하다. 잔류인장강도 비율은 25℃의 인장강도와 동결융해 처리 후의 인장강도 비로써 페타이어 고무를 사용시 혼합물이 동결융해에 취약할 수 있으므로 적용되었다. 연구결과 소석회를 채움재로 일정비율 사용할 경우 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

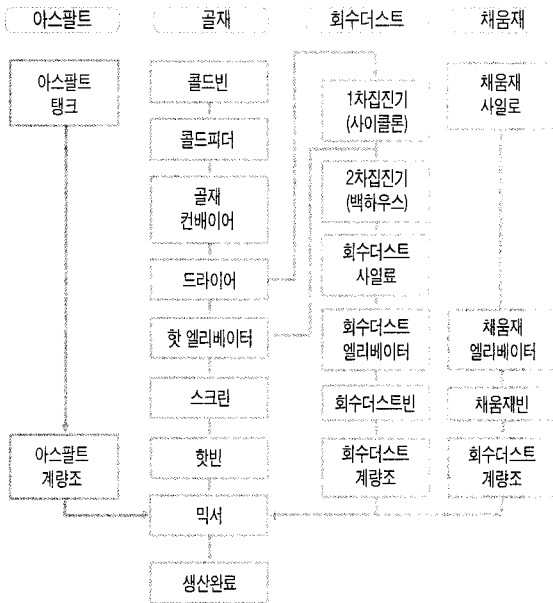
아스팔트 혼합물의 생산시에는 적절한 포설 및 다짐을 위해 일반적인 밀립도 아스팔트 혼합물 보다 높은 온도로 생산하는 것이 필요하며, 혼합온도와 다짐온도는 아스팔트의 동점도가 170±20℃, 280±30℃ 인 온도이어야 한다.

### 3. 회수더스트 재활용

#### 3.1 회수더스트 발생 및 사용 현황

회수더스트는 가열 아스팔트 콘크리트 플랜트에서 아스팔트 혼합물을 생산중에 백하우스(Bag House)에서 모아진 더스트를 말한다. 〈그림 3〉과 같은 방법으로 아스팔트 혼합물 생산과정에서 콜드빈의 골재가 드라이어에서 고온으로 가열되면서 분진이 발생한다. 이 분진은 사이클론에서 1차집진되어 핫엘리베이터로 보내어지고, 1차집진 장치를 통과한 미립의 분진이 백하우스에서 집진되어 회수더스트로 활용된다.

회수더스트의 발생량은 골재 생산 석산에서의 파쇄 방법 및 골재 암중에 따른 스크리닝스에 포함된 미립분의 양에 따라 아스팔트 혼합물을 생산하는 플랜트 별로 차이가 있다.



〈그림 3〉 아스팔트 혼합물 생산 공정

아스콘공업협동조합연합회의 자료에 따르면 2006년도 아스팔트 혼합물 생산량은 2,840만톤이며, 국내의 아스팔트 플랜트에서 발생하는 회수더스트가 약 7~8kg/톤이 발생한다고 가정할 경우 연간 약 20만톤의 회수더스트가 발생한다.

최근까지 회수더스트로 인한 가장 큰 문제점은 플랜트에서는 계속적으로 발생하기 때문에 재활용하거나 별도로 처리하여야 하지만, 일관된 규정이 없기 때문에 발주처나 감독관의 판단에 따라 사용비율과 사용여부가 결정되고 있다.

한국도로공사에서는 SMA 등의 포장에서 회수더스트가 균열발생의 위험성을 증대시킬 수 있으므로 전혀 사용하지 않고 있으며, 일반 도로 포장에서는 경우에 따라 석회석분과 회수더스트를 7:3 또는 5:5의 비율로 사용하고 있는 것으로 조사되고 있다.

회수더스트를 아스팔트 혼합물에 사용하지 않을 경우 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

- ① 현재 대부분의 플랜트가 회수더스트를 별도의 운반 장비 등으로 이송하기 위한 배관시설이 갖춰져 있지 않다.
- ② 회수더스트는 사일로의 하단에서 적은량씩 수작업으로 채취하거나, 회수더스트만 믹서로 보내서 배출할 수 있다.
- ③ 수작업으로 채취하는 것은 현실적으로 어렵고, 믹서로 배출하는 것은 생산을 중단하여야 하고, 다량의 먼지가 발생하기 때문에 실제 적용이 쉽지 않다.
- ④ 배출된 더스트를 폐기물 처리할 경우에는 약 300,000원/톤 이 필요하므로 납품원가에 비용이 감안되지 않으면, 적법하게 처리하기 어렵다.
- ⑤ 플랜트 운전자가 회수더스트를 사용 안하다가, 사일로가 가득차서 일시에 아스팔트 혼합물에 혼합할 경우 급격한 품질저하의 원인이 된다.

그리고 회수더스트를 재활용한 아스팔트 혼합물의 성능특성을 연구한 결과 적합한 방법으로 재활용할 경우 석회석분 만을 사용한 아스팔트 혼합물과 성능 차이가 거의 없었다. 따라서, 지침에서는 회수더스트를 활용한 아스팔트 혼합물의 0.08mm 이하 미립 골재의 체적 특성에 대한 기준만을 제시하고, 별도의 회수더스트 사용비율 한도를 제시하지 않았다.

### 3.2 회수더스트 재활용 지침의 주요 내용

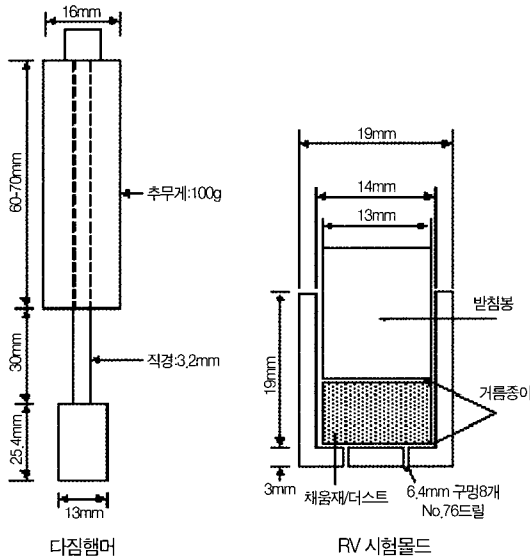
포장용 채움재는 골재간의 간극을 줄여주는 역할을 한다. 그런데, 너무 많은 채움재가 사용되면 혼합물을 연하게 하여 소성변형이나 쇼빙 등의 발생이 쉽게 되므로, 아스팔트 함량과 관련하여 사용 비율을 결정하여야 한다.

아스팔트량을 결정하기 위해서는 골재의 표면적이 중요한데, 일반적으로 0.08mm 이하 미분의 표면적은 4.75mm 이상의 굵은골재에 비하여 같은 중량에 대하여 약 63배 높다.

따라서, 회수더스트는 0.08mm 이하 입자 크기의 변

동성이 높으므로, 회수더스트의 체적을 측정할 수 있는 RV 시험 기준을 제시하였다. RV 시험은 몰드에 0.3~1g의 채움재를 넣고, 25회 다짐햄머로 타격하여 다짐한 후 높이를 측정하는 것이다. 이를 통해 PRV값을 계산하고, 아스팔트 혼합물의 골재 및 아스팔트 함량 등을 기준으로 채움재의 체적특성값인 BVF값을 계산하여 60% 이하인지 검토한다.(그림 4)

회수더스트의 품질기준은 <표 4>와 같고, 회수더스트를 재활용한 아스팔트 혼합물의 BVF 기준 이외의 품질기준은 일반 아스팔트 혼합물의 기준과 동일하다.



<그림 4> RV 시험기

## 4. 재활용 효과

### 4.1 페타이어

페타이어를 아스팔트 콘크리트 포장에 재활용할 경우에는 열원료가 아니라 분말로 파쇄하여 활용하므로 2차오염을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 아스팔트 콘크리트 포장의 성능을 증진시킨다. 즉, 폐자원의 활용도

를 극대화 시킬 수 있는 효과가 있다.

<표 5>와 같이 일반적으로 페타이어 분말을 10% 건식혼합으로 재활용시에는 아스팔트 혼합물의 단가는 약 7.5% 증가하지만, 소성변형 저항성은 4.6배 증가한다. 그리고, 습식 혼합시에는 단가가 66% 증가하지만, 건식혼합 방법보다 아스팔트 혼합물의 전반적인 성능이 더욱 향상되며, 소성변형 저항성이 4.9배 증가하는 것으로 나타났다.

### 4.2 회수더스트

회수더스트는 아스팔트 혼합물 생산과정에서 지속적으로 발생하므로 별도의 처리가 어려운 부산물이다. 연구결과 회수더스트를 사용하여도 아스팔트 혼합물의 성능 저하는 크게 발생하지 않는 것으로 나타났으므로, 이를 재활용할 경우에는 환경오염 감소와 회수더스트를 폐기처리하는 비용 감소에 따른 비용 절감 효과도 기대할 수 있다.

아스콘 1톤당 회수더스트 7kg 발생한다고 가정할 경우 절감액은 <표 6>과 같이 아스팔트 혼합물 1톤당 약 557원이므로 2006년도 아스팔트 혼합물 생산량 2,840만톤을 기준으로 연간 약 158억원을 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

## 5. 맺음말

경제활동에 따라 발생하는 산업폐기물은 환경오염 문제를 발생시킬 뿐만 아니라 매립난을 가중시키게 된다. 그러나 폐기물을 재활용할 경우에는 신규자원의 대체를 통하여 천연자원을 절약하고, 자원 부족현상을 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 폐기물의 처분과정에서 발생하는 환경오염도 줄일 수 있게 된다.

본 잠정지침이 현장에 적용되어 재활용의 활성화와 더불어 친환경·고내구성 포장이 이루어지길 기대한다.

〈표 4〉 회수더스트의 품질 기준

항 목	수분함량(%)	소성지수	흐름시험(%)	침수팽창(%)	박리저항성	이물질주)함량(%)	PRV(%)	비중
기 준	1 이하	6 이하	50 이하	3 이하	1/4 이하	1 이하	보고	보고

\* 이물질 함량 = 이물질의 질량(g)/시료 총 질량(g)\*100 - 이물질 : 유기물, 덩어리진 미립자(0.6mm 이상)  
 \* PRV = 다짐된 0.08mm체 통과 골재 중 공극 체적(RV) 비율(%)

〈표 5〉 페타이어 고무분말 재활용의 효과

구 분		내 용	비 고
재료비 등	일반 표층용 밀립도 아스팔트 혼합물	48,000/kg	
	습식 CRM 개질 밀립도 아스팔트 혼합물	78,000원/톤	지침 적용 전의 상용 혼합물
	페타이어 분말	340원/kg	CRM(#30이하, 상온가공)
	소석회	90원/kg	
	석회석분	20원/kg	
	아스팔트 소요량	55kg/톤	아스팔트 함량 5.5% 일때
	소석회 사용량	25kg/톤	채움재50kg*50% (채움재의 50% 사용시)
아스콘 1톤당 비용	건식 혼합 (페타이어 분말 10%추가)	51,620원/톤	48,000원+(55kg*10%*340원)+25kg*(90원-20원)
	습식 혼합(지침적용)	79,750원/톤	78,000원+(25kg*70원)
증감액	건식 혼합	7.5% 증가	소성변형 저항성 4.6배 증가
	습식 혼합	66% 증가	소성변형 저항성 4.9배 증가

〈표 6〉 회수더스트의 재활용의 경제적 효과

구 분		내 용	비 고
재료비 등	석회석분	20원/kg	석회석분 1kg당
	회수더스트	-	
	건설오니 매립처리비용	31,373원/톤	오니 1톤당
	매립장 운반비용(20km)	28,247원/톤	오니 1톤당
	채움재 소요량	약50kg/톤	아스콘 1톤당
	회수더스트 발생량	약7kg/톤	아스콘 1톤당
아스콘 1톤당 비용	석회석분 100% 사용시	1,417원/톤	(31,373원+28,247원)*0.007+20원*50kg
	회수더스트 발생량 전량 재활용시	860원/톤	20원*43kg (석회석분:43kg, 회수더스트:7kg)
절감액	아스콘 1톤당	557원/톤	
	연간	158억원/년	아스팔트 혼합물 생산량(2006년) : 2,840만톤

참고 문헌

1. 경향신문, “페타이어”, 경향신문사, 1996. 11
2. 김광우, “건식혼합 페타이어 아스팔트 혼합물의 국내 적용성 연구”, 제221회 산학연교류회 논문집, 한국과학기술재단, 1997. 12
3. 김광우, 최영규, “표층재료로 건식 혼합 페타이어 아스팔트 혼합물의 적용성 연구”, 대한토목학회 논문집, Vol. 18, No. III-2, pp. 173-181, 1998. 3
4. 김광우, 권승준, 이지용, 이순제, “폴리머 개질 건식 혼합 CRM 아스팔트 콘크리트의 특성”, 대한토목학회논문집, 제20권, 제1-D호, PP. 57-65, 2000. 1
5. Hick R. G., (1991), “Moisture Damage in Asphalt Concrete”, TRB, National Research Council, Washington D.C

회원가입안내

본 학회는 건설교통부장관의 설립허가(1999. 5. 29)를 받은 사단법인 한국도로학회입니다. 본 학회는 다음 사업내용으로 건실한 학회운영을 하고 있습니다. 여러분의 기술적 자질향상을 위해서 널리 회원을 모집하오니, 본 사업취지에 찬동하시는 개인이나 단체는 입회하시어 본 학회의 발전에 협조하여 주시기 바랍니다.

사업내용

- 도로공학에 관한 국내외 기술교류와 공동연구
- 도로공학에 관한 조사연구와 성과의 보급
- 도로공학에 관한 논문, 평가 및 교육
- 도로공학에 관한 시방과 기준의 교육
- 학회지, 논문집 및 도서의 간행
- 학술발표회, 세미나의 개최
- 현장견학, 시찰 등의 실시
- 기타 학회의 목적에 필요한 사업

회원의 종류

- 정회원 : 도로 및 포장공학과 관련된 학문의 학식 또는 경험이 있는 자
- 학생회원 : 도로 및 포장공학과 관련이 있는 학과의 대학, 전문대학에 재학중인 학생
- 특별회원 : 본 학회의 목적사업에 찬동하는 단체
- 참여회원 : 학회 회장을 역임한 자
- 명예회원 : 대의원회에서 추대한 자

회비

- 입회비 : 20,000원(정회원에 한함)
- 연회비 : ①정회원 : 30,000원 / (중신회비 400,000원)  
 ②학생회원 : 15,000원(대학 및 전문대학생에 한함)  
 ③특별회원 : 특급 : 100만원 이상, 1급 : 50만원 이상  
 2급 : 30만원 이상, 도서관회원 : 10만원

입회신청

회원이 되고자 하는 개인이나 단체는 소정의 입회원서와 입회비 및 연회비를 납부하시기 바라며, 자세한 사항은 학회사무국에 문의하시기 바랍니다.

회비납부 (가입회원명으로 입금) 한국씨티은행 : 102-53510-243 (사)한국도로학회

사무국 : 우)121-706 서울시 마포구 공덕동 456 르네상스타워 1410호  
 전화 : 02-3272-1992~3 전송 : 02-3272-1994  
 E-mail : ksre1999@hanmail.net http://www.ksre.or.kr

사단법인 한국도로학회