

폐 아스팔트 콘크리트 재활용 현황 및 관련 기준 개선 방안



정 규 동 | 한국건설기술연구원 도로연구실 연구원
 황 성 도 | 한국건설기술연구원 도로연구부 연구위원
 김 광 우 | 강원대학교 지역건설공학과 교수

1. 머리말

아스팔트 포장은 시공 후 교통량, 대기온도, 강우 등에 따라 지속적으로 노후되어 포장 파손이 발생한다. 이러한 포장 파손은 설계조건보다 큰 교통량, 부적절한 시공 등에 따라 더욱 가속화되기도 하며, 포장 파손의 종류 및 정도를 고려하여, 다양한 유지보수 방법을 적용한다.

일반적으로 유지보수 방법은 균열실링, 표면처리 공법과 같은 예방적 유지보수 방법과 패칭, 덧씌우기, 재포장 등이 있으며, 유지보수 과정에서 노후된 부분을 절삭하거나 걷어낼 경우 폐 아스팔트 콘크리트가 발생한다. 그리고, 폐 아스팔트 콘크리트는 크러셔로 파쇄하고, 스크린으로 선별하는 과정으로 순환골재로 생산되어 아스팔트 포장에 다시 사용하고 있다.

순환골재는 발생된 폐 아스팔트 콘크리트의 원 아스팔트 혼합물 종류, 공용기간 및 공용조건에 따른 노화 정도, 절삭 등의 발생방법은 물론 순환골재로 생산과정에서의 파쇄 및 선별방법에 따라 다양한 품

질로 생산될 수 있으므로 재생 아스팔트 혼합물로 사용 시 지속적인 품질관리가 요구된다.

본 기사에서는 저탄소 중온(준고온:warm-mix) 아스팔트 포장 기술을 포함한 친환경 재생 아스팔트 포장의 시공 품질관리 기준 개발을 위한 연구 과정에서 도출된 국내의 건설폐기물 및 재생 아스팔트 포장과 관련한 법률 기준과 품질 기준 등의 현황을 살펴보고 재활용을 활성화할 뿐만 아니라 고품질의 품질을 확보할 수 있도록 현행 기준을 개선하는 방안을 검토하였다.

2. 건설폐기물 관련 기준 및 활용 현황

2.1 건설폐기물 관련 법률 및 기준

폐기물과 관련한 법률과 관련 기준은 표 1과 같으며, 건설폐기물은 일반적으로 「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」에 따른다. 이 법률은 건설공사 등에서 나온 건설폐기물을 친환경적으로 적절하게 처리하고 그 재활용을 촉진하여 국가 자원을 효율적으

로 이용하기 위하여 제정되었다. 환경부 예규인 「건설폐기물의 처리기준 및 방법 등에 관한 업무 지침」에 세부적인 시행 기준이 제시되어 있으며, 「순환골재 등 의무사용건설공사의 순환골재·순환골재 재활용제품 사용용도 및 의무사용량에 관한 고시」는 이 법률에 근거한 건설폐기물의 재활용 용도 및 의무사용량에 대한 기준을 포함하고 있다. 그리고 환경부 고시인 「건설폐기물처리용역 적격업체 평가기준」은 건설폐기물처리용역 업체 선정 시 순환골재 품질인증에 따른 인센티브 기준 등이 포함되어 있다. 그 외에 환경부 예규인 「건설폐기물 처리업자의 용역이행능력평가 업무처리지침」에서는 생산능력을 평가하고 공시하는 업무의 통일된 기준을 정하였다.

「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에서 건설

폐기물은 건설현장에서 공사시작부터 완료까지 발생하는 5톤 이상의 폐기물이 해당되며, 가연성 건설폐기물, 불연성 건설폐기물, 혼합건설폐기물 등으로 구분된다. 가연성 건설폐기물은 거푸집, 가설재, 나무창틀, 나무바닥재 등의 폐 목재와 장관, 스티로폼 등의 폐 합성수지가 해당된다. 불연성 건설폐기물은 그림 1과 같은 폐 콘크리트, 폐 아스팔트 콘크리트, 폐 벽돌, 폐 블록, 폐 기와, 건설 폐토석 등의 건설 폐재류와 건설오니, 폐 금속류, 폐 유리, 폐 타일 및 폐 도자기, 폐 보드류, 폐 판넬 등이 포함된다. 혼합 건설폐기물은 2종류 이상의 건설폐기물이 혼합된 것으로 주로 포함된 종류에 따라 가연성 혼합건설폐기물, 불연성 혼합건설폐기물 등으로 나뉘어진다.

건설폐기물의 처리는 법률에 따라 재활용 대상, 소

표 1. 건설폐기물 처리 관련 법률 및 기준

법률 및 지침 종류	내 용
폐기물관리법 (법률, 시행령, 시행규칙)	- 폐기물의 수집, 운반, 보관, 처리 등의 방법
자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 (법률, 시행령, 시행규칙)	- 재활용 의무 규정, 우선사용원칙, 자금 관련 보조 및 용자
건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률 (법률, 시행령, 시행규칙)	- 건설폐기물의 친환경적 처리 및 재활용 촉진을 위한 법률 - 순환골재 사용 의무화, 과징금 부과, 사용용도, 재활용 실적 보고 방법
순환골재 품질인증 및 관리에 관한 규칙 (국토해양부령)	- 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 제36조와 제37조에 따른 순환골재 품질인증의 기준·관리방법
건설폐기물의 처리기준 및 방법 등에 관한 업무 지침 (환경부 예규)	- 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 건설폐기물 배출자신고, 처리 등의 세부 방법
건설폐기물 처리업자의 용역이행능력평가 업무처리지침(환경부 예규)	- 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 14조 등에 의해 생산능력을 평가하고 공시하는 업무의 통일된 기준
순환골재 등 의무사용 건설공사의 순환골재·순환골재 재활용 제품 사용용도 및 의무사용량에 관한 고시 (환경부, 국토해양부 고시)	- 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 순환골재 및 재활용 제품의 사용용도 및 의무사용량에 관한 고시
건설폐기물처리용역 적격업체 평가기준 (환경부 고시)	- 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 15조에 따른 건설폐기물처리용역의 적격업체를 선정하기 위한 평가기준
순환골재 품질인증업무 처리요령 (국토해양부 고시)	- 「순환골재 품질인증 및 관리에 관한 규칙」에 따른 순환골재 품질인증업무 처리 기준
순환골재 품질기준 (국토해양부 공고)	- 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 35조에 따른 폐콘크리트 및 폐아스팔트 콘크리트 등의 파쇄·처리에 의하여 생산되는 순환골재의 재활용 기준

각대상, 매립대상 등의 종류별, 처리방법별로 분리하여 보관·수집·운반하여야 한다. 보관방법은 그림 2와 같이 암물 박스를 이용하거나 분류 꺾말을 사용하여 저장 시 혼합되지 않도록 하여야 한다. 처리 방법은 최대한 재활용할 수 있도록 하여야 하며, 재활용 대상은 재활용시설 및 중간처리시설, 소각대상은 소각시설, 매립대상은 매립시설에서 처리하여야 한다.



(a) 폐 콘크리트 (b) 폐 아스팔트 콘크리트

그림 1. 건설폐재류



(a) 가연성 (b) 건설 폐재류 (c) 기타 매립

그림 2. 분리배출 방법

건설폐재류 중 폐 아스팔트 콘크리트는 반드시 재활용 용이하도록 다른 건설 폐재류와 분리하여 배출하여야 하며, 재생 아스팔트 콘크리트를 생산할 수 있는 시설을 갖춘 건설폐기물 중간처리업체 또는 재활용신고업자에게 별도로 발주하여 재활용을 할 수 있도록 하여야 한다. 단, 최대크기가 40mm 이하로 절삭된 폐 아스팔트 콘크리트는 재생 아스팔트 콘크리트의 재료로 직접 사용가능하다. 폐 콘크리트 등은 중간처리업체가 순환골재로 재활용할 수 있으며, 최대입경은 100mm 이하, 유기이물질은 부피기준으로 1% 이하이어야 한다. 건설 폐재류의 품질 등이 기준을 만족시키지 못할 경우 매립처리한다.

건설오니는 재활용 가능 시 재활용하며, 불가능 시 수분함량 85%로 탈수·건조 후에 매립처리하여야 하고, 폐 금속류, 폐 유리, 폐 타일 등은 재활용 가능 시 재활용, 이외 매립처리한다. 가연성·불연성 혼합 건설폐기물은 중간처리업체에서 원재료 그대로 또는 파쇄·분쇄하여 재활용하거나 소각 및 매립처리한다.

순환골재는 물리적 또는 화학적 처리과정 등을 거쳐 건설폐기물을 순환골재 품질기준에 맞게 만든 것을 말하며, 도로공사용, 콘크리트용, 아스팔트 콘크리트용 등이 있으며, 순환골재 재활용제품은 아스팔트 콘크리트 제품, 콘크리트 제품 등이다. 아스팔트 콘크리트 제품은 재생 아스팔트 혼합물로서 아스팔트 콘크리트용 순환골재를 25% 이상 사용하여야 하며, 콘크리트 제품은 콘크리트용 순환골재를 50% 이상 사용한 벽돌, 블록, 도로경계석, 맨홀 등의 제품을 사용한다.

2.2 순환골재 사용계획서 제출 방법

순환골재 또는 순환골재 재활용 제품 의무사용 건설공사 시에는 공사 착공 3개월 이내에 순환골재 및 순환골재 재활용제품 사용계획서를 제출하여야 하며, 사용 기준에 따라 재활용 하여야 한다. 만일 순환골재를 재활용 하지 않으려는 경우에 건설업자·감리자는 다음의 기준에 따른 검토의견서를 작성하여 건설기술심의위원회 심의 또는 설계자문위원회 자문을 받아 승인을 받아야 한다.

- (1) 순환골재 및 순환골재 재활용제품의 사용으로 인하여 건설공사의 품질확보가 곤란한 경우
- (2) 도서지역 등 지역의 특성으로 인하여 순환골재 및 순환골재 재활용제품의 공급이 곤란한 경우 (기준: 공사현장에서 직선거리 40km 이상)
- (3) 순환골재 및 순환골재 재활용제품의 가격이 같은 용도의 다른 골재 및 제품의 가격보다 비싼 경우

순환골재 의무사용 건설공사에 순환골재 및 순환골재 재활용제품의 재활용 계획서의 신고인은 일반

적으로 발주자이며, 국가, 지방자치단체, 공공투자·출연기관이 발주하는 건설공사로서 건설폐기물처리구역 분리발주대상 건설공사이며, 건설폐기물 발생량 중 위탁처리량이 100톤 이상(2007.11 이후 발주 시)일 경우 해당된다. 공사의 도급받은 자가 신고인이 되는 경우는 상기 경우 이외로써 분리발주 대상이 해당되지 않는 경우이다.

사용계획서를 기간 내에 제출하지 않을 경우에는 300만원 이하의 과태료가 부과될 수 있으며, 순환골재 및 순환골재 재활용제품을 사용안할 경우 순환골재 및 순환골재 재활용제품의 사용 권고 또는 시정조치를 하게 되며, 의무사용 건설공사의 발주자는

1천만 원 이하의 과태료가 부과될 수 있다.

2.3 순환골재 의무사용 용도·비율과 계획

「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 및 건설폐기물 재활용 기본계획(2007년~2012년)에 따라 순환골재의 건설공사 재활용 비율을 높이기 위해 「순환골재 등 의무사용건설공사의 순환골재·순환골재 재활용제품 사용용도 및 의무사용량에 관한 고시」에서 순환골재의 의무사용 용도 및 의무사용 대상과 사용량 기준을 정하였다. 표 2 및 표 3과 같이 도로법 등에 따른 1km 이상의 도로 신설 및 확장공

표 2. 순환골재 의무사용 용도 및 사용량

의무사용 용도	관련 법률	의무사용 대상	의무사용량
도로 보조기충용	도로법, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령	1km 이상 도로 신설 및 확장공사 (일반, 자동차전용, 보행자전용, 자전거전용 도로)	골재 소요량의 15%이상
	산업입지 및 개발에 관한 법률	15만㎡ 이상 산업단지개발사업	
	택지개발촉진법	30만㎡ 이상 택지개발사업	
	물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률	물류터미널 건설, 물류단지 개발	
	하수도법	공공하수처리시설, 분뇨처리시설	
	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	공공처리시설설치	
	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	폐수종말처리시설설치	
기초다짐용 또는 채움용	하수도법	하수관거설치	
표토 또는 노반용	주차장법	노상 및 노외주차장	

표 3. 순환골재 재활용제품 의무사용 용도 및 사용량

의무사용 용도	관련 법률	의무사용 대상	의무사용량
아스팔트 콘크리트 포장용	도로법, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령	1km 이상 도로 신설 및 확장공사 (일반, 자동차전용, 보행자전용, 자전거전용 도로)	제품 소요량의 15%이상
	산업입지 및 개발에 관한 법률	15만㎡ 이상 산업단지개발사업	
	택지개발촉진법	30만㎡ 이상 택지개발사업	
	물류시설의 개발 및 운영에 관한 법률	물류터미널 건설, 물류단지 개발	
	주차장법	노상 및 노외주차장	
	하수도법	하수관거, 공공하수처리시설, 분뇨처리시설	
	가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률	공공처리시설설치	
	수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	폐수종말처리시설설치	

표 4. 순환골재 재활용제품 의무사용 용도 및 사용량

의무사용 용도	2009년 의무사용률 기준	2016년도 목표 및 사용량	2009년 사용률(%)
	의무사용비율(%)	의무사용 목표비율(%)	
도로보조기층용	15 이상	40 이상	30.0
동상방지층 및 차단층용	15 이상	40 이상	1.5
하수관거 베딩용 골재	15 이상	40 이상	-
재생 아스팔트 콘크리트용	15 이상	30 이상	-
콘크리트 2차 제품 제조용	-	30 이상	5.7

사 등의 보조기층에는 순환골재를 골재 소요량의 15% 이상 사용하여야 하며, 아스팔트 콘크리트 포장에는 재생 아스팔트 혼합물을 제품 소요량의 15% 이상 사용하여야 한다.

2011년 12월에는 「제2차 건설폐기물 재활용 기본계획(2012년~2016년)」을 발표하였으며, 제1차 기본계획에서 구축한 건설폐기물의 발생→재활용→관리로 이루어지는 재활용 촉진 기반을 바탕으로 자원의 순환성 강화를 위한 인프라 구축에 중점을 두었다. 계획에 따르면 건설폐기물 발생량 및 매립량·소각량을 감소시키기 위해 분별 해체 관리를 강화하고, 순환골재 유통 시스템 개선, 순환골재 품질향상을 위한 인프라를 개선하여 2017년 이후 자율적 건설폐기물 재활용 사회기반을 구축하고자 하였다. 특히 건설폐기물 재활용 확산을 위하여 순환골재 의무사용률은 높이되, 콘크리트·아스팔트 콘크리트 순환골재 및 2차 제품의 품질관리 강화를 위한 기술 및 기준의 정비를 추진하며, 기술 및 관리 능력을 고려한 순환골재 품질 인증제도 부여 방식을 검토할 예정이다. 또한, 기술선진화 및 성장동력화를 위해 건설폐기물 재활용의 온실가스 저감 평가 및 CO₂지표를 개발할 예정이다.

이 계획에서는 표 4와 같이 현재 순환골재 및 순환골재 재활용 제품은 소요량의 15% 이상을 사용하도록 되어 있으나 2016년 이후에는 도로보조기층용은 40% 이상, 재생 아스팔트 콘크리트는 30% 이상 사용하고, 콘크리트 2차 제품 제조용은 현재는 기준

이 없으나 30% 이상 사용하도록 기준을 정하여 실질 재활용률을 높일 예정이다. 그리고, 중온·상온 아스팔트 콘크리트의 적용을 확대하고, 순환골재 30% 이상 혼합 활용기술의 개발을 추진할 예정이다.

3. 건설폐기물 발생 및 재활용 현황

국내의 건설폐기물 발생량은 환경부에서 2011년에 발간한 「2010 전국 폐기물 발생 및 처리현황」의 통계자료에서 표 5와 같이 폐 콘크리트는 2006년 이후 거의 비슷한 양이 발생하고 있으나, 폐 아스팔트 콘크리트는 발생량이 점증하고 있는 추세이다.

건설폐기물의 처리 현황은 그림 3과 같이 2010년 기준 매립과 소각 비율은 1.7%의 매우 적고, 대부분이 재활용되고 있다. 그러나 그림 4~6과 같이 폐아스팔트 콘크리트를 재생 아스팔트 콘크리트로 재활용하는 비율은 전국, 국도, 서울시 등의 자료를 분석한 결과 연도별 차이가 있으나, 2010년 기준 약 5% 내외이다. 특히, 서울시의 경우 2000년에 「재생 아스팔트 포장 시방서」 기준을 제정한 이후 재생 아스팔트 포장의 현장 적용을 지자체 중에 가장 적극적으로 추진하여 2002년부터 현장 적용이 시작되었다. 그리고, 2년이 지난 2004년에 약 50%의 가장 많은 비율이 사용되었으나 그 이후 줄어들었다. 이를 근거로 유추하면 재생 아스팔트 포장의 현장 적용에 문제점이 발생하여 정책적인 변화가 있었을 것으로 사료된다.

표 5. 건설폐기물 발생량

연도	총계	건설폐기물					가연성건설폐기물					비가연성폐기물			건설 폐토석	혼합건설 폐기물
		폐 콘크리트	폐 아스팔트 콘크리트	폐 벽돌	폐 블럭	폐 기와	폐 목재	폐 합성 수지	폐 섬유	폐 벽지	건설 오니	폐 금속류	폐 유리			
2005	134,906	78,506	15,384	277	129	7	3,697	1,009	22	1	399	72	26	6,806	28,571	
2006	168,985	110,296	21,674	712	69	204	1,773	947	16	2	472	6	7	8,817	23,990	
2007	172,005	117,866	22,176	745	15	355	727	948	12	1	300	13	4	7,103	21,740	
2008	176,447	115,842	25,291	1,336	559	25	923	1,266	14	1	1,145	1	10	7,632	22,403	
2009	183,351	115,424	32,612	950	690	39	1,125	901	40	27	795	2	6	6,779	23,961	
2010	178,120	114,302	32,535	1,480	634	18	636	839	98	0	645	1	8	5,347	21,577	

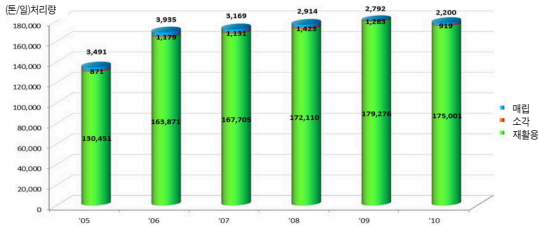


그림 3. 건설폐기물 처리 현황

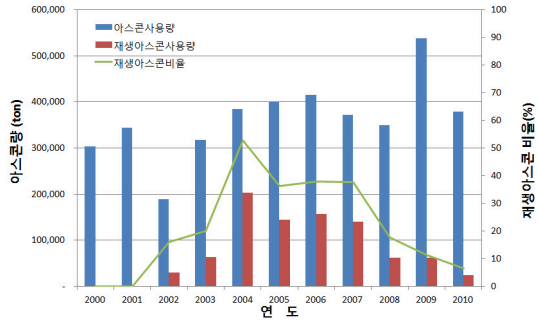


그림 6. 재생 아스팔트 콘크리트 사용 비율(서울시)

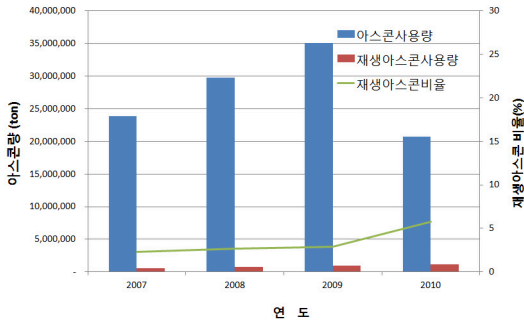


그림 4. 재생 아스팔트 콘크리트 사용 비율(전국)

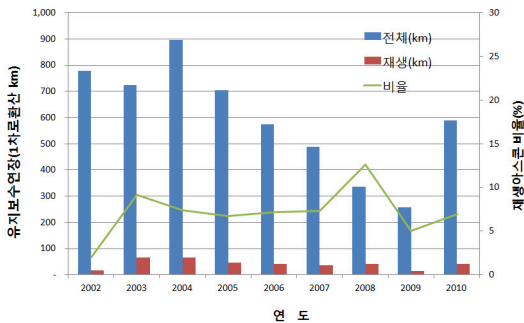


그림 5. 재생 아스팔트 콘크리트 사용 비율(국도)

4. 순환골재·재생 아스팔트 콘크리트 생산 설비 기준

「건설폐기물 처리기준 및 방법 등에 관한 업무처리 지침」과 「순환골재 품질인증업무 처리요령」에 의하여 순환골재와 재생 아스팔트 콘크리트 생산 등을 위한 건설폐기물 중처리업자 또는 재활용 신고업자의 시설과 장비는 파쇄·분쇄시설, 분리·선별시설, 재생 아스팔트 콘크리트 생산시설, 보관시설, 계량시설, 굴삭기, 수집·운반차량 등이며, 각각의 기준은 다음과 같다.

- (1) 사업장 부지 : 3,300m² 이상(재생 아스팔트 콘크리트 전용 생산시설의 경우 2,000m² 이상)
- (2) 파쇄·분쇄시설

- 1일 8시간 기준 처리능력 600톤 이상. 단, 재생 아스팔트 콘크리트 전용생산시설의 경우에는 400톤 이상
- 재활용하는 경우 건설폐기물을 최대직경 40mm 이하의 크기로 파쇄·분쇄할 수 있어야 하며, 재생 아스팔트 콘크리트로 재활용할 경우 골재 최대치수 20mm 이하 크기로 파쇄·분쇄할 수 있어야 함
- (3) 분리·선별시설
스크린 1식 이상, 풍력 또는 자력 선별시설 1식 이상으로 파쇄·분쇄시설의 앞 또는 뒤에 설치하여 파쇄·분쇄시설과 일체를 이루어야 함. 단, 재생 아스팔트 콘크리트 생산시설은 풍력 또는 자력 선별시설은 제외 함.
- (4) 재생 아스팔트 콘크리트 생산시설 : 재생 아스팔트 콘크리트용 재료로 생산하는 경우에 한함
- (5) 보관시설
- 건설폐기물 보관 : 파쇄·분쇄시설 1일 처리능력 기준으로 10일 이상 30일 이하 보관 규모
- 순환골재 보관 : 파쇄·분쇄시설 1일 처리능력 기준으로 3일 이상 보관 규모
- 인증받지 않은 골재와 구분저장 및 토분 및 이물질 혼입방지
- 재생 아스팔트 콘크리트용 순환골재 생산시설은 외부에서 유입되는 물 차단시설 설치 및 바닥면은 평탄하고 경사(4% 이상) 유지
- (6) 계량시설, 골삭기, 수집·운반차량 등

기술능력의 평가 시 순환골재 품질인증을 위한 품질관리 인력은 1인 이상을 확보해야 하며, 중급품질관리자 이상이거나, 초급품질관리자, 폐기물처리산업기사, 소음진동산업기사, 대기환경산업기사 중 1인 이상으로 해당 산업기사 이상의 자격을 취득한 자로써, 국토해양부장관이 지정하는 기관의 '순환골재 품질관리교육' 을 이수하고 3년이 경과되지 않아야 한다.

순환골재 품질관리 시험설비는 기본적으로 이물질

함량 시험이 가능하여야 하며, 도로공사용은 입도 시험, 콘크리트 및 콘크리트제품 제조용은 입도와 밀도 및 흡수율 시험, 재생 아스팔트 콘크리트용은 씻기시험에서 손실되는 양 시험을 할 수 있어야 한다. 그리고, 품질기준에 따른 시험설비의 일부가 없을 경우에는 1회/6개월 이상 공인기관에 시험을 의뢰하고 시험결과를 비치하여야 하며, 1회/년은 인증업무처리기관에서 운영실태 조사 시 채취한 시료 시험성적서로 대체할 수 있다. 즉, 재생 아스팔트 콘크리트용으로 생산 시에는 구재 아스팔트 함량, 구재 아스팔트 침입도 등의 시험장비가 없을 경우에는 이에 대한 시험을 의뢰하여야 한다.

5. 재생 아스팔트 콘크리트용 순환골재 품질 기준

「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 재생 아스팔트 콘크리트용 순환골재의 품질기준은 국토해양부에서 공고한 「순환골재 품질기준」에 따르면 표 6과 같다. 그리고, KS F 2572 「아스팔트 콘크리트용 순환골재」 기준에도 이물질 함유량에 대한 기준을 제외하면 동일한 기준이 포함되어 있다.

표 6. 재생 아스팔트 콘크리트용 순환골재 품질기준

구 분	기 준	시험방법	
구재 아스팔트 함량(%)	3.8 이상	KS F 2354	
구재 아스팔트 침입도 (25℃, 1/10mm)	20 이상	KS M 2252	
씻기 시험에서 손실되는 양 (%)	5 이하	KS F 2511	
이물질 함유량(%)	유기이물질	1.0 이하 (용적기준:아스팔트량제외) 1.0 이하(질량기준)	KS F 2576
	무기이물질		

6. 아스팔트 혼합물 품질 기준

아스팔트 혼합물 품질 기준은 국토해양부가 2005년에 발간한 「건설폐자재 재활용 도로 포장 지침」과

기존 신규아스팔트 혼합물에 재생 아스팔트 혼합물을 추가한 KS F 2049 「가열 아스팔트 혼합물」이 있다. 그리고, 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 따른 품질인증과 관련하여 국토해양부 순환골재 품질인증 기준과, 순환골재 재활용 제품인 재생 아스팔트 혼합물에 대한 인증 기준인 우수재활용제품 인증(GR, Good Recycled Product)과 환경표지 인증이 있다. GR 인증 중에 아스팔트 혼합물 관련 기준은 다음의 2종류가 있으며, 아스팔트 콘크리트 순환골재를 25% 이상 사용하는 경우에 한하여 적용한다. 그리고, 환경표지 인증 제품의 기준은 「EL743

무기성 토목·건축 자재」에 따르며, 품질기준은 GR F 4005 기준과 동일하다.

- GR F 4005 : 재활용 가열 아스팔트 혼합물(제정 2000, 개정 2009)
- GR F 4026 : 재활용 상온 아스팔트 콘크리트 혼합물(제정 2002, 개정 2010)

일반적으로 재생 아스팔트 포장은 순환골재 재활용 의무화에 따라 적용하는 경우가 많으므로 재생아스팔트 플랜트에서는 주로 GR 기준에 대한 인증을 받아 관련 발주처나 시공사에 납품하고 있다.

표 7. 표층용 재생 아스팔트 혼합물 품질기준

분류	국토해양부 지침	KS F 2349 일반·재생	GR F 4005 재생가열	GR F 4026 재생상온
제정·개정년도	2005년	2010년	2009년	2002년
혼합물종류	WC-1R~6R	WC-1~6 (20, 13, 20F, 13F, 20R, 13R)	조립도(20), 밀입도(20,13), 세립도(13), 밀입도갭(13), 밀입도(20F,13F) 등	밀입도(20,13,10), 개립도(20,13,10)
안정도 (N)	60℃ 수침 후 측정 5,000(7,350) 이상 등 5,880 이상 등	60℃ 수침 후 측정 5,000(7,500) 이상, 6,000 이상 등	60℃ 수침 후 측정 6,000(7,500) 이상	25℃ 수침없이 측정 5,000 이상, 3,500 이상
흐름값(1/10mm)	20-40 (또는 15-40)	20-40 (또는 15-40)	20-40	20-50
공극률(%)	3-6 (또는 3-5)	3-6 (또는 3-5)	3-7 (또는 3-6, 3-7, 3-5)	3-10 (또는 3-12)
포화도(%)	65-80 (또는 70-85)	65-80 (또는 70-85)	65-85 등	60-85
간극률(%)	13 이상 등	13 이상 등	-	-
인장강도비 (TSR)	(수분영향 우려 시 잔류안정도 0.75 이상)	0.75 이상	0.7 이상	0.75 이상 (또는 0.65이상)
동적안정도 (회/mm)	-	750이상 (또는 1,000이상)	-	-
간접인장강도 (N/mm ²)	-	0.8 이상	0.8 이상	0.15 이상 (또는 0.11 이상)
터프니스 (N·mm)	-	8,000 이상	8,000 이상	-
아스팔트 추출 후 침입도(1/10mm)	40~60, 60~80	55 이상	-	-
비교	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트 추출 후 침입도의 기준이 40-60 등임 • 아스팔트 혼합물의 균열 저항성을 판단할 수 있는 기준이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트 추출 후 침입도의 기준이 55 이상임 • 균열저항성 판단기준이 간접인장강도, 터프니스임 	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트 추출 후 침입도 기준이 없음 • 균열저항성 판단기준이 간접인장강도, 터프니스임 • 간극률 기준이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 25℃ 수침없이 안정도를 측정하므로 중교통량 도로에 사용하기 어려움 • 아스팔트 추출 후 침입도 기준이 없음 • 균열저항성을 판단할 수 있는 기준이 간접인장강도임 • 포화도 기준이 낮으며, 간극률 기준이 없음

표 8. 기층용 재생 아스팔트 혼합물 품질기준

분류	국토해양부 지침	KS F 2349 일반·재생	GR F 4005 재생가열	GR F 4026 재생상온
제정·개정년도	2005년	2010년	2009년	2002년
혼합물종류	BBC-1R~4R	BB-1~4	BB-1~3	BB-1~3
안정도 (N)	60℃ 수침 후 측정 5,000(7,350) 이상 등 5,880 이상 등	60℃ 수침 후 측정 3,500(5,000) 이상	60℃ 수침 후 측정 4,200 이상	25℃ 수침없이 측정 3,500 이상
흐름값(1/10mm)	20-40 (또는 15-40)	10-40	10-40	10-50
공극률(%)	3-6 (또는 3-5)	3-8	3-10	3-12
포화도(%)	65-80 (또는 70-85)	60-75	-	-
간극률(%)	13 이상 등	-	-	-
간접인장강도 (N/mm ²)	-	0.6 이상	-	-
터프니스 (N·mm)	-	6,000 이상	-	-
아스팔트 추출 후 침입도(1/10mm)	40~60, 60~80	55 이상	-	-
비교	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트 추출 후 침입도의 기준이 40-60 등임 • 아스팔트 혼합물의 균열 저항성을 판단할 수 있는 기준이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트 추출 후 침입도의 기준이 55 이상임 • 균열저항성 판단기준이 간접인장강도, 터프니스임 • 간극률 기준이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 아스팔트 추출 후 침입도 기준이 없음 • 균열저항성을 판단할 수 있는 기준이 없음 • 간극률, 포화도 등의 기준이 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 25℃ 수침없이 안정도를 측정하므로 중교통량 도로에 사용하기 어려움 • 아스팔트 추출 후 침입도 기준이 없음 • 균열저항성을 판단할 수 있는 기준이 간접인장강도임 • 포화도 기준이 낮으며, 간극률 기준이 없음

표층용 및 기층용 재생 아스팔트 혼합물의 품질기준을 국토해양부 지침, KS F 2349, GR F 4005, GR F 4026 기준에 대하여 비교한 결과 표 7~8과 같다.

KS F 2349 기준이 가장 최근인 2010년 개정되었으며, 재생 아스팔트 혼합물의 품질기준이 전반적으로 높은 수준을 요구하고 있는 것으로 나타났다. 그리고, GR 기준은 표층용, 기층용 모두 노화된 아스팔트의 회복여부를 판단하는 아스팔트 추출 후 침입도에 대한 기준이 없었다. 특히, GR F 4026의 재생상온 아스팔트 혼합물 품질기준은 다른 기준에 비하여 매우 낮았으며, 기층용 기준의 경우 노화된 재료의 적합한 재생여부를 확인할 수 있는 시험 기

준이 전혀 포함되지 않았으며, 마찰 안정도를 수침 없이 25℃에서 측정하여 가열 아스팔트 콘크리트와 대비하여 성능수준이 매우 낮음에도 모든 도로 포장용 재료로 사용할 수 있도록 하고 있었다.

7. 순환골재 및 재생 아스팔트 혼합물 기준 개선 방안

7.1 순환골재 설비 및 품질기준 개선

재생 아스팔트 콘크리트용 순환골재 품질기준에 포함된 이물질 함유량, 씻기 시험에서 손실되는 양, 구재 아스팔트 함량 등의 시험은 적합한 분리배출

및 운반과 파쇄·분리·선별에 따라 이물질이나 흙, 보조기층용 골재 등의 폐아스팔트 혼합물 이외의 재료가 포함되지 않을 경우 거의 대부분 품질기준을 만족할 수 있다. 국내에서 발생된 8개의 순환골재 시료를 품질시험 결과 이물질 함유량, 씻기 시험에서 손실되는 양은 모두 기준을 만족하며, 평균적으로 구재 아스팔트 함량은 4.4%, 구재 아스팔트 침입도는 21이었다. 그러나, 순환골재에서 추출한 구재 아스팔트 침입도는 약 37%의 시료에서 20 미만으로 미달하여 대부분 구재 아스팔트 침입도 시험결과에 따라 합격 여부가 결정되었다.

순환골재를 사용한 재생 아스팔트 혼합물에 포함되는 아스팔트의 품질 기준인 아스팔트 추출 후 침입도는 순환골재의 함량 비율, 순환골재의 구재 아스팔트 침입도, 신규 아스팔트 종류, 재생첨가제 사용 유무 및 비율 등에 영향을 받는다. 그러므로 순환골재의 품질에 따라 신규아스팔트, 재생첨가제 등의 비율이나 종류를 변경하여 재생 아스팔트 혼합물의 품질의 확보가 가능하다. 즉, 순환골재의 구재 아스팔트 침입도가 낮을 경우에는 배합설계시에 ① 순환골재의 사용비율을 낮추거나, ② 신규 아스팔트의 침입도가 매우 낮은 아스팔트를 사용하거나, ③ 재생첨가제를 사용하여 해결할 수 있다. 단, 순환골재의 아스팔트 품질 변동이 클 경우에는 이에 따라 재생 아스팔트 혼합물에 포함되는 아스팔트의 품질도 변동이 커질 수 있다.

따라서 순환골재에서 추출한 구재 아스팔트의 침입도 기준을 순환골재의 구재 아스팔트 침입도에 따른 범위로 구분하여 저장하도록 할 경우 재생 아스팔트 콘크리트의 품질을 확보하며 폐 아스팔트 콘크리트의 재활용률을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 순환골재의 구재 아스팔트 침입도를 5~10, 10~20, 20~30, 30 이상 등으로 범위로 구분하고, 20 미만 시에는 순환골재의 사용비율을 낮게 제한하거나 재생첨가제를 필수적으로 사용하도록 할 수 있다.

그리고, 순환골재의 품질을 현재 1년에 2회 시험하고 이 중 1회/년 인증처리업무기관에서 운영실태

조사를 하도록 되어 있으나, 순환골재의 수급 시에 각 건별로 의무적으로 시험하여 통계처리하고, 인증처리업무기관에서는 이를 1회/년 시험하여 확인하는 방법으로 개정할 필요가 있다.

설비 기준은 순환골재의 보관 시에는 외부에서 유입도는 물의 차단시설을 확보하도록 하였으나, 폐 아스팔트 콘크리트에 대하여는 이러한 기준이 포함되어 있지 않다. 그런데, 현재 발생하는 대부분의 폐 아스팔트 콘크리트가 도로에서 절삭한 재료이며, 최대크기가 작기 때문에 순환골재와 동일하게 물의 유입에 의하여 노화가 촉진될 수 있다. 따라서, 폐 아스팔트 콘크리트의 보관시설에 물의 차단시설 설치를 의무화할 필요가 있다. 그리고, 순환골재를 선입선출할 수 있도록 순환골재의 종류별로 2개 이상의 보관시설로 구분·저장하여 오래된 순환골재가 계속 보관되어 많은 노화가 발생하지 않도록 하는 것이 좋다.

7.2 재생 아스팔트 혼합물 기준 개선

순환골재에 포함된 골재는 입도 변동만 있고, 품질 저하가 거의 없으므로 재생 아스팔트 혼합물의 배합설계 시 노화된 아스팔트를 적합하게 회복시킬 경우 신규 아스팔트 혼합물 이상의 품질 확보가 가능하다. 그러나, 배합설계가 부적절할 경우에는 노화된 순환골재의 아스팔트가 사용됨에 따라 소성변형 저항성 관련된 마찰안정도, 흐름값, 동적안정도 등의 품질결과는 높게 나타나지만, 조기 균열이 발생할 수 있는 단점이 있다. 따라서 균열 저항성을 판단하기 위한 기준이 필요하다.

현재 KS F 2349 등에서는 간접인장강도, 터프니스 시험 기준이 포함되어 균열 저항성을 판단 기준으로 사용하고 있다. 그러나 연구결과 표 9와 같이 침입도 5인 순환골재 40%와 침입도 등급 60-80 아스팔트를 사용한 아스팔트 혼합물의 간접인장강도와 터프니스가 기준을 만족할 뿐 만 아니라, 침입도 등급 80-100 아스팔트와 재생첨가제를 사용한 아스팔

트 혼합물에 비하여 높은 간접인장강도와 터프니스 결과가 얻어졌다. 즉, 강성이 높은 재생 아스팔트 혼합물의 간접인장강도와 터프니스가 더 높은 경우가 발생하는 것이다. 따라서, 현재의 간접인장강도와 터프니스 기준은 재생 아스팔트 혼합물의 균열 취약성을 적합하게 판단하지 못할 수 있다.

표 9. 간접인장강도 시험 결과

종 류	간접인장강도 (N/mm ²)	터프니스 (N·mm)	비 고	
기 준	0.6이상	6,000이상		
재생 아스팔트 혼합물	1.2	12,907	RAP(침입도 5) 40%, AP-5	
재생 아스팔트 혼합물 (재생첨가제 HS)	HS 11%	0.9	11,827	RAP 40%(침입도 5), AP-3, 재생첨가제 HS 11%
	HS 18%	0.7	7,036	RAP 40%(침입도 5), AP-3, 재생첨가제 HS 18%
재생 아스팔트 혼합물 (재생첨가제 YJ)	YJ 11%	0.6	6,029	RAP 40%(침입도 5), AP-3, 재생첨가제 YJ 11%
	YJ 18%	0.5	4,290	RAP 40%(침입도 5), AP-3, 재생첨가제 YJ 18%

그러므로 간접인장강도, 터프니스와 같은 재생 아스팔트 혼합물을 이용한 직접적인 시험결과를 이용하여 균열저항성을 시험하지 않고 재생 아스팔트 혼합물에서 추출한 아스팔트를 이용한 시험을 이용하여 노화된 아스팔트의 회복 여부를 판단하는 것이 적합한 것으로 판단되었다. 그리고 재생 아스팔트 혼합물에서 추출한 아스팔트의 적정 침입도를 알아보기 위하여 침입도 68의 아스팔트를 이용하여 신규 아스팔트 혼합물을 제조하고 추출한 결과 혼합온도에서 아스팔트 혼합물을 1시간 양생할 경우 침입도 41, 1시간 양생하지 않을 경우 침입도 43이 얻어졌다. 따라서 재생 아스팔트 혼합물 제작 전 보다 약 40% 이상 침입도가 낮아졌다.

그런데, 표 7~8의 KS F 2349 기준에서 아스팔트 추출 후 침입도 기준이 55 이상이므로 이와 같은 품질기준은 너무 높으며, 이와 같은 기준을 만족하는 재생 아스팔트 혼합물은 아스팔트의 연성이 높아 소성변형 저항성이 취약할 수도 있다. 「건설폐자재 재활용 도로 포장 지침」에서는 재생 아스팔트 혼합물의 양생없이 추출한 아스팔트의 침입도가 40~60 범위 등으로 되어있다. 따라서, 현재의 신규 아스팔트 혼합물에서 적용하는 혼합온도에서 1시간 양생하는 조건을 기준에 포함할 경우 이보다 기준이 낮아질 필요가 있다. 즉, 재생 아스팔트 혼합물의 아스팔트 추출 후 침입도 기준은 반드시 필요하지만, 기준을 40 보다 낮은 값으로 조정하는 것이 필요하다.

GR 기준은 순환골재를 25% 이상 사용하여야 함에도 표층용, 기층용 모두 아스팔트 추출 후 침입도에 대한 기준이 없으므로 이에 대한 기준이 반드시 필요하며, 표층용 및 기층용 기준에 간극률, 포화도 등의 기준이 모두 있어야 할 것으로 판단된다. 특히, GR F 4026의 재생상은 아스팔트 혼합물 품질기준은 다른 기준에 비하여 매우 낮으므로 저교통량 도로의 기층에만 사용하여야 하고, 시멘트가 사용될 경우 강성이 높지 않도록 사용량에 대한 최대 허용 기준이 포함되도록 개정하는 것이 좋다.

8. 맺음말

아스팔트 포장에 재생 아스팔트 혼합물을 15% 이상 의무적으로 사용하여야 하며, 2016년에는 30% 이상으로 상향 조정될 예정이므로 국내의 아스팔트 포장 품질확보를 위해 재생 아스팔트 혼합물의 품질 관리가 매우 중요해지고 있다. 따라서, 재생 아스팔트 혼합물은 저급 품질의 재료라는 인식도 바뀌어야 할 뿐만 아니라 적합한 품질로 생산되기 위한 품질 기준과 배합설계 방법은 물론 생산된 재생 아스팔트 혼합물의 평가기준도 보완될 필요가 있다.

향후에는 재생 아스팔트 포장의 균열 저항성을 판

단할 수 있는 적합한 시험방법 및 기준의 개발이 필요하며, 아스팔트의 성능을 침입도 점도 외에 DSR 시험을 이용하여 결정하는 방법 등의 연구가 필요하다. 또한 순환골재의 사용비율에 따라 재생 아스팔트 혼합물에 사용하는 신규 아스팔트의 종류와 재생 첨가제 사용여부를 결정하는 최소 기준, 순환골재의 노화된 아스팔트와 신규 아스팔트와의 혼합성을 높여서 생산하는 방법과 같은 세부 생산 방안도 연구될 예정이다. 그리고, 이와 같은 노력에 따라 재생 아스팔트 포장 기술이 고부가가치의 친환경 기술로 활용성을 더욱 높일 수 있을 것이다.

참고 문헌

환경부, 한국환경공단 '2010 전국 폐기물 발생 및 처리 현황' 2011.

환경부, 건설폐기물 재활용기본계획(2007년~2011년), 2006. 12
 환경부, 제2차 건설폐기물 재활용 기본계획(2012년~2016년), 2011. 12
 환경부, 건설폐기물처리용역 적격업체 평가기준, 환경부 고시 제 2011-150호, 2011. 10
 환경부, 건설폐기물 처리기준 및 방법 등에 관한 업무처리지침, 환경부 예규 제201호, 2009. 12
 건설교통부, 건설폐자재 재활용 도로포장 지침, 2005. 1
 김광우, 권오선, 도영수 "바인더 회생방식을 개선한 재생아스팔트 콘크리트의 소성변형 특성 연구", 한국도로학회 논문집, 8(1), 한국도로학회, 2006.3. pp.1~13.
 도영수, 고태영, 김광우, "재생아스팔트 콘크리트 혼합물의 혼합방법 개선에 따른 피로저항 특성". 한국도로학회 논문집, 8(4), 한국도로학회, 2006.12. pp. 134~143.

학회지 원고접수 안내

학회지 편집위원회에서는 다음과 같은 내용으로 여러분을 초대하고자 합니다. 언제든지 참여하시어 알찬 학회지를 만듭시다. 여러분의 원고를 기다리겠습니다. (연락처 : 학회사무국 또는 편집위원)

컬 럼	내용 및 형식	비 고
권두언/축사/제언/격려사	시사성 있는 내용으로 A4 2쪽이내 분량으로 작성	편집위원회 주관
특집	회원들에게 도로포장내용과 최신동향소개 : 특집편집위원회 주관하여 연재	게재원고료 지급 심의 후 게재
기술기사	도로 및 도로포장과 관련된 기술보고서로서 A4 10쪽 이내 분량으로 작성 : 사례연구, 공사지, 성공 및 실패사례, 지역별 도로특성, 국내 산학연 합동 연구, 국내외 관련연구소 소개 등	심의 후 게재
기술위원회 세미나 주요내용	기술위원회 세미나 내용을 자세히 요약하여 그 내용을 회원들에게 알리는 컬럼	기술위원회 제공
해외기술동향	도로 및 도로포장관련 해외의 최신 연구내용 및 결과로 A4 4쪽 이내	
국내외 학술회의	도로 및 도로포장과 관련된 학술 및 기술강좌, 세미나 등의 내용 소개	E-mail 이용 가능
문화산책(교양)	교양과 관련된 내용으로 A4 4쪽 이내 : 수필, 취미생활(등산, 낚시 등), 독후감 및 의견제시 등 자유내용	게재원고료 지급 심의후 게재
국내외 신간도서 소개	최근 발간된 도로 및 도로포장 도서 내용소개 및 찬평과 국내 회귀 입수 서적 소개	E-mail 이용 가능
학교 및 업체연구소 소개	도로 및 도로포장관련 학교 연구실 및 업체 연구소의 A4 2쪽 내외의 소개	게재분량 엄수
학회소식	정기총회 및 학술발표회 소식, 이사회 회의록, 기술위원회 활동소식 등	학회 사무국 제공
Q/A	도로 및 도로포장 관련 문제에 대한 질문과 답변	E-mail 이용 가능
회원동정	주소변경, 직장변경, 경조사, 회원가입, 박사 및 석사학위 취득자 등	E-mail 이용 가능

※ 집필자는 필히 본인 및 공동집필자 사진을 첨부하십시오.

E-mail : ksre1999@hanmail.net