

재활용 아스팔트 포장 현황 및 기준 개선 방안

Current State and Methodology of Improving Specification of Recycled Asphalt Concrete



정규동 Kyu-Dong Jeong
한국건설기술연구원
수석연구원
E-mail : kdjeong@kict.re.kr



이문섭 Moon-Sup Lee
한국건설기술연구원
수석연구원
E-mail : truepath@kict.re.kr

1. 서론

우리나라는 1970년 경부고속도로 이후로부터 본격적인 도로포장의 인프라를 건설하기 시작하였다. 70년대 이후 국가경제력의 상승에 따라 지속적으로 고속국도 및 일반국도의 건설 및 확포장을 실시하였고, 그에 따른 관리 연장 역시 증가하였다. 2013년 말 기준으로 우리나라 도로연장은 106,414km이고, 고속국도 연장은 4,112km, 일반국도 연장은 13,843km이다(국토교통부, 2014). 국내 도로 포장은 지속적인 도로연장 증가와 더불어 도로포장의 노령화 역시 급속하게 진행되고 있는 상황이다. 일반국도의 경우 도로를 건설한 기간이 30년 이상된 도로의 연장을 살펴보면 전체의 14%에 이르는 약 1,570km에 이르고 있어, 추후 포장 파손이 급격히 증가될 것을 알 수 있다(한국도로학회, 2015). 그러나, 한정된 예산으로 인하여 소요 유지보수 필요 연장 대비 유지보수율이 감소되고 있다.

이에 따라 경제적인 유지보수를 위하여 도로 포장에서 발생하는 폐아스팔트를 이용한 재활용 아스팔트 포장의 사용 비율 현황을 검토하고, 현행 기준의 문제점을 분석하여 개선 방안을 제시하고자 하였다.

2. 재활용 아스팔트 혼합물 사용 현황

국내에서는 공사구간 1km 이상 또는 9,000m² 이상인 신설 또는 확장공사의 도로, 단지, 주차장 등에 재활용 아스팔트 혼합물을 사용하도록 의무화하고 있으며, 이 비율은 2014년 25% 이상에서 2016년 이후에는 40% 이상으로 하고 있다(환경부, 2014).

국내 재활용 아스팔트 혼합물 생산량은 [표 1]에서 2014년 150만톤이었으며, 사용비율은 2013년 최대 9.1%까지 증가하였고, 2014년 감소하여 6.1%이었다(KBIZ 2015, 한국순환아스콘협회 2015). 따라서, 재활용 아스팔트 혼합물 사용에 대한 법적 기준이 40% 이상인데 비하여, 실제 사용비율이 6.1%이므로 의무사용 비율을 충족시키려면 지금 보다 약 7배 이상 사용량이 증가하여야 하는 것으로 파악되었다.

[표 1] 국내 재활용 아스팔트 혼합물 사용 현황

구분	2011년	2012년	2013년	2014년
신규 아스팔트 콘크리트(ton)	18,206,811	21,110,177	23,803,663	21,963,162
재활용 아스팔트 콘크리트(ton)	1,516,189	2,068,823	2,396,337	1,506,838
합계(ton)	19,723,000	23,179,000	26,200,000	23,470,000
재활용 아스팔트 콘크리트사용 비율(%)	7.7	8.9	9.1	6.4

백종은 등(2012)에 따르면 해외의 재활용 아스팔트 혼합물 사용비율은 [표 2]와 같이 일본 73%, 네덜란드 65%, 독일 60% 등이라고 하였다.

그리고, 일본은 지진 및 태풍에 의한 해일 등 침수와 재난과 방재에 대한 신속한 복구공사 등을 고려하여 90% 이상을 아스팔트 콘크리트 포장을 시행하고 있으며, 자원의 재활용 촉진과 재생기술 및 시설의 발전으로 1998년부터는 재활용 아스팔트 혼합물을 신규 아스팔트 혼합물보다 높은 비율로 생산하고 있다(한국도로학회, 2015).

3. 재활용 아스팔트 혼합물 경제성

신규 및 재활용 아스팔트 혼합물의 단가는 2015년 지역

별 조달청 관급단가 계약 현황 자료를 분석한 결과 [표 3]과 같이 재활용 아스팔트 혼합물은 신규 아스팔트 혼합물과 비교하여 평균 약 88%인 것으로 나타났다. 따라서, 2014년 신규 아스팔트 혼합물 사용량을 재활용 아스팔트 혼합물로 대체하여 사용하였을 경우 예산 절감액은 [표 4]에서 1년간 1,700억원인 것으로 계산되었다.

해외의 재활용 아스팔트 혼합물 사용비율, 국내 의무화 규정, 경제성 등을 고려할 경우 향후 재활용 아스팔트 혼합물 사용 비율은 크게 증가될 것으로 예상된다. 또한, 폐아스팔트 콘크리트는 도로 포장의 보수 공사에서 100% 발생하고, 전국적인 재활용 아스팔트 플랜트에서 공급이 충분히 가능하므로 신설 및 확장공사 뿐만 아니라 유지보수 포장시의 의무화 규정 또한 도입되어야 할 것으로 판단된다.

[표 2] 해외 재활용 아스팔트 혼합물 사용 현황(백종은, 2012)

국가	일본	네덜란드	독일	덴마크	스웨덴	벨기에	이탈리아
사용비율(%)	73	65	60	53	50	38	30

[표 3] 아스팔트 혼합물 단가 비교

아스팔트 혼합물	신규	재생	비율
WC-1(13mm)	67,244	59,028	87.8
WC-3(20mm)	65,679	57,566	87.6
BB-2	57,264	50,320	87.9

[표 4] 아스팔트 혼합물 소요 예산 비교

(백만원)

아스팔트 혼합물(ton)	신규		재생		차액
	단가(원/ton)	금액	단가(원/ton)	금액	
21,963,162*	63,396	1,392,370	55,638	1,221,986	170,384

* '14년 신규 아스팔트 혼합물 생산량 기준

4. 재활용 아스팔트 혼합물 기준 비교

재활용 아스팔트 혼합물 품질 기준은 관련 부처인 국토교통부 기준, KS 기준, 한국아스콘공업협동조합연합회의 단체표준 등이 있다. 국토해양부(현, 국토교통부)는 2005년에 「건설폐자재 재활용 도로 포장 지침」을 발간하였으며, 2015년 9월 가열 재활용 아스팔트 혼합물 부분만 개정하여 「아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침」을 발간하였다. KS 기준은 2014년에 제정된 KS I 3005 「재활용 가열 아스팔트 혼합물」, KS I 3022 「재활용 상온 아스팔트 콘크리트 혼합물」 등이 있다. KS F 2349 「가열 아스팔트 혼합물」은 2014년 5월 폐지되면서, 2015년 1월에 한국아스콘공업협동조합연합회의 단체표준으로 전환하여 SPS-KAI0002-F2349-5687 「가열 아스팔트 혼합물」로 제정되었다. 이에 따라 단체표준의 내용은 기존 KS F 2349 내용과 거의 대부분이 동일하며, 신규 아스팔트 혼합물과 재활

용 아스팔트 혼합물 기준을 포함하고 있다.

재활용 아스팔트 혼합물 관련 인증은 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」에 따라 순환골재에 대한 인증과 재활용 제품인 재활용 아스팔트 혼합물 인증 등 2가지로 구분된다. 또한, 해당 인증을 받은 제품을 사용하여야 재활용 의무화 기준을 만족시킬 수 있다.

순환골재는 국토교통부의 「순환골재 품질인증」이 있으며, 재활용 아스팔트 혼합물에 대한 인증은 「우수재활용제품(Good Recycled Product; GR) 인증」과 「환경표지 인증」 등이 있다. GR 인증 기준은 GR F 4005 「재활용 가열 아스팔트 혼합물」, GR F 4026 「재활용 상온 아스팔트 콘크리트 혼합물」 등이 있다. GR F 4005에 해당하는 아스팔트 혼합물 기준은 KS I 3005에 따르며, GR F 4026은 KS I 3022에 따른다. 환경표지 인증은 「EL743 무기성 토목·건축 자재」의 분류이며, 가열 아스팔트 혼합물은 KS I 3005, 상온 아스팔트 혼합물은 KS I 3022의 품질기준에 따른다.

[표 5] 기준용 재활용 아스팔트 혼합물 품질기준

분류	국토교통부 지침			KS I 3005	단체표준 SPS-KAI0002-F2349-5687
	2005년		2015년	2014년	2015년
혼합물종류	상온 재활용	가열 재활용	가열 재활용	가열 재활용	가열 재활용
	BB-1R~4R		BB-1R~4R	BB-1~3	BB-1~4
안정도(N)	25℃ 수침 없이 측정 2,500 이상	60℃ 수침 후 측정 4,900 이상	60℃ 수침 후 측정 3,500(5,000) 이상	60℃ 수침 후 측정 3,500(5,000) 이상	60℃ 수침 후 측정 3,500(5,000) 이상
흐름값(1/10mm)	10~40		10~40	10~40	10~40
변형강도(MPa)	-		3.2 이상(또는 2.7 이상)	-	-
공극률(%)	3~15	4~6	4~6	3~10	3~8
포화도(%)		65~75	65~75	65~75	65~75
간극률(%)	-		13 이상 등	-	-
안정도 손실률(%)	50 이하		-	-	-
골재 피막율(%)	50 이상		-	-	-
간접인장강도(N/mm ²)	-		0.60 이상	-	0.60 이상
터프니스(N·mm)	-		6,000 이상	-	6,000 이상
재활용 아스팔트 혼합물 추출 후 아스팔트 시험	-		아스팔트 절대점도 5,000 poise 이상	-	아스팔트 침입도 55 이상

[표 5]는 국내에서 재활용 아스팔트 혼합물로 주로 사용하는 기층용 아스팔트 혼합물의 품질기준을 비교한 자료이다. 국토교통부에서 2015년 개정한 지침은 2005년 지침과 비교하여 침입도 시험을 절대점도 시험으로 변경하여 적용하였다. 그리고, 소성변형 저항성을 평가하는 동적안정도, 균열 저항성을 평가하는 간접인장강도, 터프니스 등을 추가하였고, 재활용 아스팔트 혼합물에 추출된 아스팔트의 절대점도 시험기준을 포함하여 재활용 아스팔트 혼합물의 품질기준을 강화하였다. KS I 3005 「재활용 가열 아스팔트 혼합물」 기준은 2014년 제정되었으며, 국토교통부 2015년 지침과 비교하면, 공극률 기준 범위가 보다 넓고 간접인장강도, 터프니스, 재활용 아스팔트 혼합물 추출 시험 기준이 포함되지 않았다. 따라서 KS I 3005 기준은 재활용 아스팔트 혼합물의 균열저항성에 대한 평가를 위한 기준이 없는 것으로 나타났다.

5. 가열 재활용 아스팔트 포장 공용성 평가

서울시 테헤란로, 올림픽로의 재활용 및 신규 아스팔트 포장 구간을 소성변형과 균열율에 대하여 비교하였다. [표 6]과 같이 테헤란로는 시공 후 약 2년, 올림픽로는 시공 후 약 1년공용된 구간이었으며, 조사결과는 <그림 1>, <그림 2>와 같았다.

<그림 1>에서 보듯이 소성변형은 올림픽로 하행선을 제외하고 모든 구간에서 재활용 아스팔트 포장이 적게 발생한 것으로 나타났다. 그러나, 균열율은 <그림 2>과 같이 테헤란로 하행 구간을 제외하고 모든 구간에서 재활용 아스팔트 포장이 높게 발생한 것으로 나타났다. 이는 노후된 순환골재를 사용하는 재활용 아스팔트 포장의 일반적인 경향을 잘 나타내는 결과라 할 수 있다. 순환골재는 아스팔트

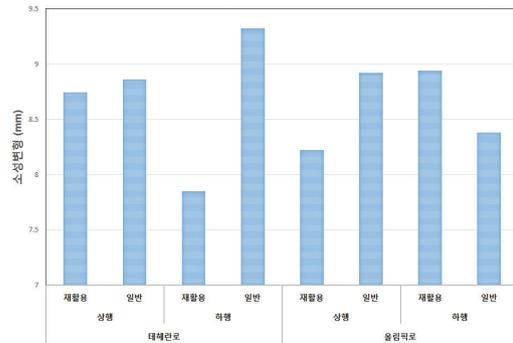


그림 1. 재활용 아스팔트 포장 구간 소성변형

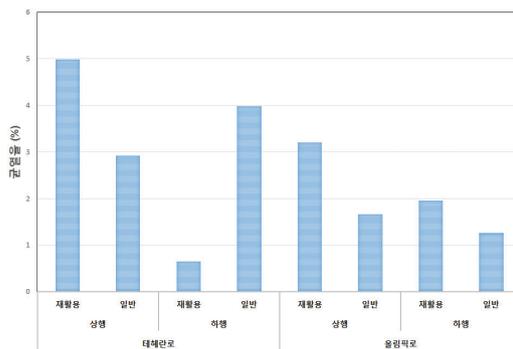


그림 2. 재활용 아스팔트 포장 구간 균열율

바인더가 노후화되면서 딱딱해지기 때문에 소성변형 저항성은 높아지지만, 균열 저항성은 낮아지기 때문이다. 따라서, 재활용 아스팔트 혼합물은 소성변형에 대한 저항성보다는 균열 저항성에 대한 평가가 더욱 중요한 것으로 판단되었다.

6. 가열 재활용 아스팔트 혼합물 균열저항성 평가

폐아스팔트 콘크리트를 40% 재활용하여 재생첨가제의

[표 6] 재활용 아스팔트 포장 구간명

노선명	차로폭	시공년도	조사년도
테헤란로	6.5m	2013년 5월	2015년 6월
올림픽로	12.5m	2014년 10월	2015년 6월

비율에 따른 기층용 재활용 아스팔트 혼합물의 간접인장강도와 터프니스를 평가하여 분석하였다. 본 연구에 사용된 순환골재(Reclaimed asphalt pavement; RAP)의 추출골재 입도는 공칭 최대크기 13mm 이하이었으며, RAP에 포함된 아스팔트는 아스팔트 함량은 5.2%, 침입도는 4.8이었다. 신규골재는 굵은골재 최대치수 30mm, 20mm, 13mm의 굵은골재와 잔골재 등이 사용되었다. 채움재는 회수터스트를 사용하였으며, 재생첨가제는 ASTM D4552에 따른 재생첨가제 등급이 RA 25인 HS, RA 5인 YJ를 0%(RHMA), 11%(YJ11, HS11), 18%(YJ18, HS18) 사용하여 비교평가 하였다.

이 결과 <그림 3>에서 간접인장강도는 YJ 재생첨가제 11% 사용한 YJ11이 59%, 18% 사용한 YJ18이 70% 낮아졌으며 터프니스도 비슷한 경향을 보였다. 또한, <그림 4>에

서 HS는 <그림 3>의 YJ와 비슷한 경향을 나타내었는데, YJ와 비교시 간접인장강도, Toughness 등의 감소 비율이 10~20% 낮았다.

현행 간접인장강도와 터프니스 기준은 표층용 아스팔트 혼합물의 기준이 기층용 보다 높고, 하한 기준으로 설정되어 있다. 따라서, 이 값이 높을수록 균열저항성이 높아야 하지만 시험 결과 노화가 충분히 회복되지 않은 재활용 아스팔트 혼합물의 간접인장강도는 재생첨가제를 사용하여 아스팔트 품질을 회복시킨 혼합물보다 1.9배~3.3배 높았으며, 터프니스는 1.6배~3.8배 높게 나타났다. 또한 재생첨가제 사용비율이 증가함에 따라 두 값이 모두 낮아졌다. 따라서 간접인장강도와 터프니스 기준은 균열저항성에 대한 판단 기준으로 적합하지 못하므로 균열저항성 기준에 포함하지 않는 것이 적합한 것으로 판단되었다.

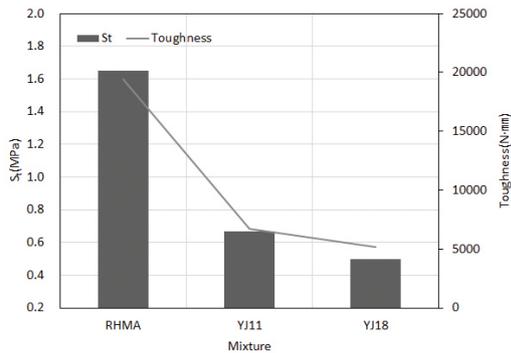


그림 3. 간접인장강도(S_t)와 터프니스(Toughness)(RHMA, YJ11, YJ18)

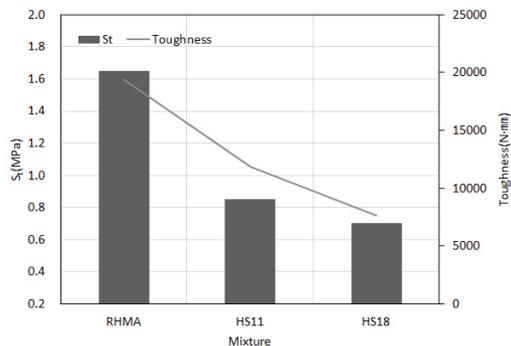


그림 4. 간접인장강도(S_t)와 터프니스(Toughness)(RHMA, HS11, HS18)

7. 결론

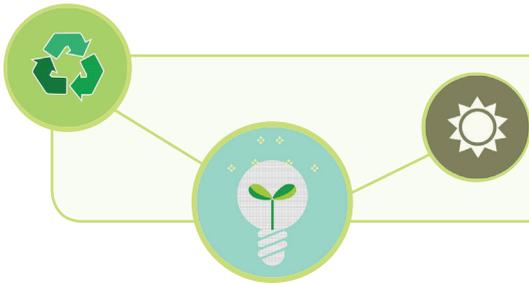
재활용 아스팔트 혼합물의 사용 현황을 살펴보고 기준을 분석 및 검증한 결과 다음과 같은 사항을 도출할 수 있었다.

1. 재활용 아스팔트 포장의 공용성을 조사한 결과 대부분 소성변형은 신규 아스팔트 포장보다 작지만, 균열율이 높아 재활용 아스팔트 혼합물의 공용수명 증진을 위하여 균열 저항성 확보 중요하다.
2. 재활용 아스팔트 혼합물의 품질기준 중 간접인장강도와 터프니스는 균열저항성과 상관성이 낮으므로 기준에 포함하지 않는 것이 적합하다.
3. 현행 품질기준은 아스팔트 혼합물의 균열저항성을 직접적으로 평가할 수 있는 기준이 없으므로, 재활용 아스팔트 혼합물 추출 후 아스팔트의 시험 기준인 점도나 침입도 기준을 이용하여 아스팔트 물성을 평가하고 관리하는 것이 중요하다. 따라서, KS I 3005 기준에 관련 기준을 포함하는 것이 적절한 것으로 사료된다.

폐아스팔트 콘크리트의 발생량은 국내 전체 폐기물 발생량의 19.3%에 달하고 있으나, 신규 아스팔트 혼합물 사용량과 비교한 재활용 아스팔트 혼합물 사용비율은 6.4%에 불과하며, 2016년 의무사용 비율이 40% 이상인 것을 고려 시 향후 재활용 아스팔트 혼합물 사용 비율 개선을 위한 노력이 필요하다. 그리고 재활용 아스팔트 혼합물 사용시 환경보전 효과를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 재료비가 신규 아스팔트 혼합물과 비교하여 11% 이상 경제적이므로 한정된 국가예산으로 안전한 도로환경 유지를 위해서도 효과적인 것으로 사료된다. 다만, 재활용 아스팔트 포장의 공용성 증진을 위하여 향후에는 아스팔트 혼합물의 균열저항성을 적합하게 평가할 수 있도록 간접인장강도와 터프니스 기준을 개선하기 위한 연구가 있어야 할 것이다.

참고문헌

1. KBIZ (2015) "생산납품실적" <http://www.ascon.or.kr:8089/ASCON/Type3/View/StatisticalData/result.jsp>
2. 국토교통부 (2014) "도로현황조사"
3. 백종은, 김원재, 이현중(2012) "국내외 재생아스팔트 공법의 적용 현황과 재생첨가제의 역할에 관한 고찰", 도로교통협회, 제 128호, pp. 41~45
4. 한국도로학회(2015) "도로포장의 New Paradigm 도입을 위한 기획연구"
5. 한국순환아스콘협회(2015) "순환아스콘 생산실적" http://www.krascon.or.kr/html/board.php?boardName=board_static&ptype=0401
6. 환경부(2014) "순환골재 등 의무사용건설공사의 순환골재·순환골재 재활용제품 사용용도 및 의무사용량에 관한 고시" 환경부고시 제2014-33호
6. 재활용 아스팔트 포장 현황 및 기준 개선 방안(Current State and Methodology of Improving Specification of Recycled Asphalt Concrete)



이 기술기사는 한국건설기술연구원의 2015년 국가건설기준센터 운영 "가열 재활용 아스팔트 포장 기준 제정" 연구과제 결과의 일부입니다.

담당 편집위원 : 한종민(한국건설생활환경시험연구원)