J Rec Const Resources 8(3)302-309(2020)
https://doi.org/10.14190/JRCR.2020.8.3.302

Print ISSN : 2288-3320
Online ISSN : 2288-369X

순환 슬러지 및 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물의 기초특성

Fundamental Properties of Recycled Cold Asphalt Mixtures with Recycled Sludge and Recycled Glass Aggregate

이후석[1] · 강석표[2*] · 강혜주[3] · 이민희[4]
Hoo-Seok Lee[1] · Suk-Pyo Kang[2*] · Hye-Ju Kang[3] · Min-Hi Lee[4]

(Received August 5, 2020 / Revised August 28, 2020 / Accepted September 2, 2020)

This paper is a basic study for applying the dried recycled sludge of waste sludge generated in construction waste intermediate treatment facility and the crushed recycled glass aggregate of waste glass bottles that cannot be recycled to the recycled cold asphalt mixtures. This paper reviewed the characteristics of recycled cold asphalt mixtures using recycled sludge and recycled glass aggregate. As a result, as contents of recycled sludge and recycled glass aggregate increased, the Marshall stability, indirect tensile strength, and tensile strength ratio of the recycled cold asphalt mixtures decreased, but flow and void ratio of that increased.

키워드 : 순환 상온아스팔트 혼합물, 순환 슬러지, 채움재, 순환 유리골재, 마샬안정도

Keywords : Recycled cold asphalt mixture, Recycled sludge, Filler, Recycled glass aggregate, Marshall stability

1. 서 론

전 세계적으로 자원의 채취에서 폐기로 이어지는 선형 경제구조를 순환경제(circular economy)로 전환하는 정책이 추진되어지고 있다. 순환경제는 한정된 천연자원을 적게 사용하면서 지속가능한 성장을 이루고 환경 영향을 최소화하는 것을 목표로, 폐기물을 매립·소각 대신 재활용을 통해 경제에 환류하는 것을 의미하고 있다.

이와 같은 순환경제 측면에서 최근 국내외적으로 가열에너지의 소비가 없고 온실가스를 배출하지 않는 상온형 포장공법이 주목받고 있다. 순환 상온 아스팔트 혼합물은 상온에서 폐아스콘 순환골재를 물과 유화 아스팔트와 함께 혼합하는 역청재료이다. 유럽등지에서는 1980년대부터 활용하고 있으며, 미국도 1990년대부터 새로운 공법을 적용하였고 국내에도 1990년대에 도입되어 현재 경제성 측면에서 강점을 활용하여 주로 기층재로서 현장에 적용되고 있다. 건설폐자재를 활용하여 도로포장재료로 사용하기 위한 많은 연구와 노력이 진행되고 있다(Xiao et al. 2018; Hong et al. 2014; Lin et al. 2015).

건설폐기물중간처리시설에서 건설폐기물을 반입하여 세척, 파쇄, 선별 공정을 거쳐 순환골재를 생산하는 공정에서 발생하는 부산물인 폐슬러지는 기계적 탈수공정을 거쳐 함수율 50% 내외의 케이크상태로 배출되고 이는 주로 토사와 함께 매립처분 되고 있는 실정이다. 국내 건설폐기물중간처리업체의 경우 건설폐기물 100톤이 순환골재 생산공정에 투입되면 57.9톤의 순환골재가 생산되지만 25.1톤의 폐슬러지가 발생되고 있어 이를 처리할 수 있는 방안이 시급하다(Lee and Kang 2018).

한편 폐유리 재활용율은 2010년 75%에서 2016년 76.5%로 연도별 큰 변동 없이 일정한 수준을 유지하고 있다. 유리병의 경우,

* Corresponding author E-mail: ksp0404@woosuk.ac.kr
[1](재)한국건설생활환경시험연구원 충청사업본부 대전충남지원 지원장 (Korea Conformity Laboratories, Chungcheong Division, Daejeon & Chungnam Branch, Head of Branch, Daejeon, 34113, Korea)
[2]우석대학교 건축학과 교수 (Department of Architecture, Woosuk University, Chungcheongbuk-do, 27841, Korea)
[3]우석대학교 건설공학과 박사과정 (Department of Construction Engineering, Woosuk University, Chungcheongbuk-do, 27841, Korea)
[4]호원대학교 건축학과 교수 (Department of Architecture, Howon University, Jeonlabuk-do, 54058, Korea)

Copyright ⓒ 2020 by Korean Recycled Construction Resources Institute
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

EPR(Extended Product Responsibility) 제도 등으로 높은 비율로 재활용되고 있으나, 파손되고 다양한 종류의 제품 및 색상이 혼합될 경우 재활용률이 급격하게 저하된다. 재활용되지 않은 폐유리병 Cullet은 소각이 어려워 대부분 매립되어 안전사고나 환경문제를 유발하고 있다. 자원순환기본법이 시행(2018. 01)됨에 따라 폐기물의 소각 및 매립 부담금이 부과되어, 폐유리병의 경우도 매립되는 폐기물을 재활용할 수 있는 방안 마련이 요구된다. 이러한 재활용 되지 못하는 폐유리를 아스팔트 콘크리트나 시멘트 콘크리트의 골재로 재활용 할 경우 크러셔를 이용하여 소정의 입도로 가공하는 과정만 필요하여 경제성 측면에서 유리하다.

따라서 본 논문에서는 건설폐기물 중간처리시설에서 발생하고 있는 폐슬러지와 재활용되지 못하는 폐유리병을 가공 처리한 순환 유리골재를 순환 상온아스팔트에 적용하기 위한 기초연구로서 순환 슬러지 및 순환 유리골재의 사용에 따른 순환 상온아스팔트의 특성을 비교・검토하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

순환 슬러지 및 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물의 특성을 검토하기 위한 실험계획을 Table 1에 나타내었다. 순환 슬러지의 경우 채움재로서 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)와 클링커 프리 시멘트(CFC)를 사용하였고 순환슬러지를 클링커 프리 시멘트에 대하여 10%, 20% 대체하였다. 순환 유리골재의 경우 채움재로서 보통 포틀랜드 시멘트와 클링커 프리 시멘트를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물에 순환유리골재를 순환 아스팔트 골재에 대하여 20%대체하였다. 순환 상온아스팔트 혼합물의 특성을 검토하기 위한 실험항목으로서는 GR F 4026에 규정되어져 있는 마샬안정도, 흐름값, 공극률, 간접인장강도(ITS, Indirect Tensile Strength), 인장강도비(TSR, Tensile Strength Ratio)를 설정하였다.

2.2 사용재료

2.2.1 채움재

본 논문에서 순환 상온아스팔트 혼합물의 채움재로서 사용한 시멘트, 클링커 프리 시멘트, 순환 슬러지의 물리 화학적 특성을 Table 2에 나타내었다. 시멘트는 국내 H사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

클링커 프리 시멘트는 국내 C사에서 시제품으로 제조되어진 고로슬래그미분말의 주요 자극제로서 탈황석고를 사용하는 무시멘트 결합재를 사용하였다. 화학조성은 SiO_2 21.2%, Al_2O_3 8.8%,

Table 1. Experimental plan and mix design

Specimen		Mix design(weight %)								Test items (GR F 4026)
		Aggregate			Filler			AP	Sum	
		RA[1)] 20mm	NA[2)] 8mm	RG[3)] 10mm	OPC[4)]	CFC[5)]	RS[6)]			
Recycled sludge	OPC	86.5	8.5	-	3.50	-	-	1.5	100.0	- Marshall stability (≥ 6,000N) - Flow (10~40 1/100cm) - Void ratio (9~14%) - ITS (≥ 0.4MPa) - TSR (≥ 0.70)
	RS 0	86.5	30.5	-	-	3.50	-	1.5	100.0	
	RS 10	86.5	30.5	-	-	3.15	0.35	1.5	100.0	
	RS 20	86.5	30.5	-	-	2.90	0.60	1.5	100.0	
Recycled glass aggregate	OPC	86.5	8.5	-	3.50	-	-	1.5	100.0	
	OPC-RG	76.0	-	19.0	3.50	-	-	1.5	100.0	
	CFC	86.5	8.5	-		3.50		1.5	100.0	
	CFC-RG	76.0	-	19.0		3.50	-	1.5	100.0	

1) RA : Recycled asphalt aggregate, 2) NA : Natural aggregate, 3) RG : Recycled glass aggregate
4) OPC : Ordinary portland cement, 5) CFC : Clinker Free Cement, 6) RS : Recycling Sludge

Table 2. Chemical composition of filler

Type of binder	Specific surface area(cm^2/g)	Density (g/cm^3)	Ig. loss	Chemical composition(%)					
				SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3
OPC	3,144	3.15	1.32	21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2
CFC	4,058	2.83	2.23	22.1	8.9	1.4	54.9	3.3	5.2
RS	3,251	2.60	10.96	46.0	11.2	3.5	22.8	1.7	0.8

(a) Caked waste sludge (b) Dried sludge

Fig. 1. Recycled sludge

CaO 46.6%, SO_3 11.5%로서 고로슬래그미분말과 비교하여 SiO_2와 Al_2O_3의 조성비율이 낮지만 SO_3의 조성비율이 높은 것으로 나타났다. 또한 물리적 특성으로서 비표면적 4,058cm^2/g, 밀도 2.83g/cm^{3}은 고로슬래그미분말과 유사한 수준을 보이고 있다. 순환슬러지는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이건설폐기물 중간처리시설에서 함수율 55%의 상태로 발생하는 폐슬러지를 80℃ 건조로에서 48시간 건조한 후 볼밀을 통과시켜 0.15mm이하의 미분으로 분급하여 사용하였다.

2.2.2 골재

순환 상온아스팔트 혼합물의 특성분석을 위해 사용된 폐아스콘 순환골재는 천안에 위치하고 있는 건설폐기물중간처리업체에서 생산되고 있는 20mm 이하의 폐아스콘 순환골재를 사용하였으며 물성을 Table 3에 나타내었다. 또한 합성입도를 충족시키기 위한 천연골재는 8mm이하의 석분을 사용하였으며 기본 물성을 Table 4에 나타내었다.

본 논문에서 사용한 순환 유리골재는 전북 군산 I사의 폐유리 중간처리 시설에서 발생하고 있는 10mm이하의 골재를 사용하였다. 재활용 되지 못하는 폐유리로부터 순환 상온아스팔트용 골재를 생산하는 공정을 Fig. 2에 나타내었다. 재활용이 어려운 깨진 유리병을 피더에 투입한 후 트롬멜(35~20mm), 해머 파쇄기, 자력선별, 트롬멜(10mm), 풍력선별 공정을 거쳐 제조되었다. 이물질 선별은 자력 선별과 풍력 선별 공정이 있지만 폐유리의 특성상 이물질 선별이 어렵기 때문에 인력선별도 공정 중 2곳에서 이루어졌다. 최종 순환 유리골재의 성상을 Fig. 3에 물리적 특성을 Table 4에 나타내었다.

본 논문에서 사용한 각각의 골재 입도분포를 Fig. 4에 나타내었다. 또한 본 논문에서 사용한 골재 및 채움재를 사용하여 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(GR F 4026) 중 기층용 BB-2CR의 기준을 만족시키는 최종 배합의 합성입도를 Fig. 5에 나타내었다.

2.2.3 유화 아스팔트

폐아스콘 순환골재 혼입율에 따른 상온 재생 아스팔트 혼합물의 특성분석을 위해 사용된 유화 아스팔트는 국내 K사에서 제조된 MSC-2 Type의 유화아스팔트를 사용하였으며, 물성은 Table 5에 나타낸 것과 같다.

Table 3. Properties of recycled asphalt aggregate

Sample No.	Asphalt content(%)	Penetration(1/10mm)	Washing loss(%)	Impurity(%)	
				Organic impurity	Inorganic impurity
Ave.	4.4	25.3	0.87	0.022	0.165
KS F 2572	over 3.8	over 20	under 5.0	under 1.0	under 1.0

Table 4. Properties of aggregate

Type	Maximum size (mm)	Density (g/cm^3)	Absorption(%)	0.08mm sieve passing(%)	Solid volume percentage(%)	Stability(%)
Recycled glass aggregate	10	2.50	0.05	0.3	64.1	0.22
Crushed aggregate	8	2.59	1.38	1.18	65.7	5.06

Table 5. Properties of emulsified asphalt

Type	Viscosity	Screen residue (%)	Evaporation residue mass(%)	Charge	Evaporation residue		
					Intrusion(1/10mm)	Ductility(cm)	Toluene soluble fraction(%)
MSC-2	7.8	0.03	60.5	+	135	120 or more	99.7

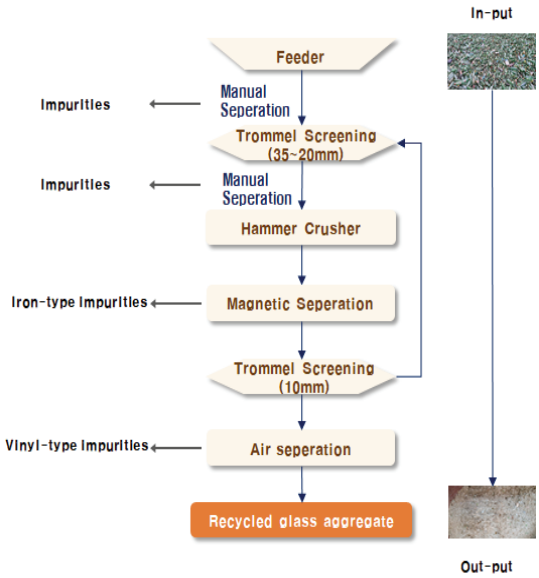

Fig. 2. Manufacturing process of recycled glass aggregate

(a) Wasted glass bottle

(b) Recycled glass aggregate

Fig. 3. Recycled glass aggregate

2.3 실험방법

2.3.1 안정도 및 흐름값

순환 상온아스팔트 혼합물의 안정도 및 흐름값은 KS F 2337 「마샬시험기를 사용한 역청혼합물의 소성흐름에 대한 저항력 시험방법」에 준하여 시험을 실시하였다.

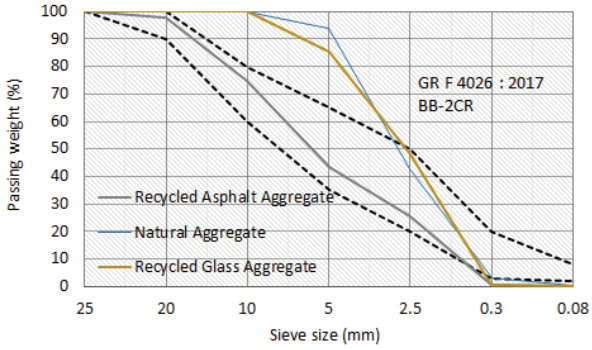

Fig. 4. Gradation curves of aggregates

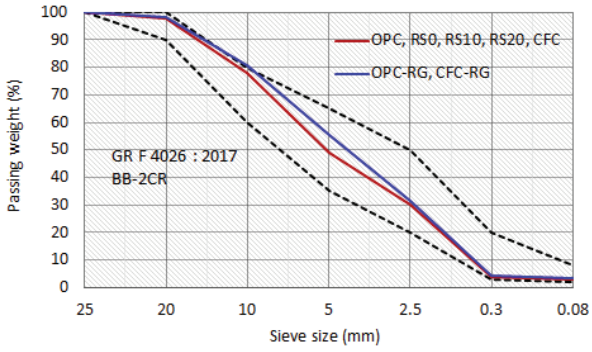

Fig. 5. Gradation curves of recycled cold asphalt mixtures

2.3.2 공극률

순환 상온아스팔트 혼합물의 공극률 시험은 KS F 2364 『다져진 역청 혼합물의 공극률 시험방법』에 준하여 산출하였다. 공극률 산출시 적용되는 이론최대밀도는 KS F 2366 『역청 포장 혼합물의 이론적 최대 비중 및 밀도 시험 방법』에 준하여 측정하였다.

2.3.3 간접 인장강도(ITS : Indirect Tensile Strength)

순환 상온아스팔트 혼합물의 간접인장강도 시험은 KS F 2382 『아스팔트 혼합물의 간접 인장강도 시험방법』에 준하여 산출하였다.

2.3.4 인장강도비(TSR : Tensile Strength Ratio)

순환 상온아스팔트 혼합물의 인장강도비는 아스팔트 포장 시공지침 부속서 Ⅳ-6 인장강도비 시험에 준하여 실시하였다. 인장강도비는 수분처리 공시체와 무처리 공시체 각각의 간접인장강도 3개씩의 평균값을 구하여 계산하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 순환슬러지 채움재 혼입량에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 특성

3.1.1 안정도

순환슬러지 채움재 혼입량에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 안정도 측정결과를 Fig. 6에 나타내었다. 순환슬러지(RS)의 대체율이 증가함에 따라 혼합물의 안정도는 감소하는 경향을 나타내었다. 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)와 비교하여 클링커 프리 채움재(RS0)의 안정도는 작은 것으로 나타났다. 클링커 프리 채움재에 순환슬러지를 20% 대체한 순환상온 아스팔트 혼합물(RS 20)에서도 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 마샬시험에 의한 안정도 기준치인 6,000N이상을 충분히 만족시키는 것으로 확인되었다.

3.1.2 흐름값

순환슬러지 채움재 혼입량에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 흐름값 측정결과를 Fig. 7에 나타내었다. 순환슬러지(RS)의 대체율이 증가함에 따라 흐름값이 증가하는 경향을 나타내고 있으며 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)와 비교하여 클링커 프리 채움재(RS0)의 흐름값은 큰 것으로 나타났다. 클링커 프리 채움재에 순환슬러지를 10% 대체한 순환상온 아스팔트 혼합물(RS 10)까지는 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 흐름값인 10~40(1/100)cm를 만족하고 있으나 순환슬러지를 20% 대체한 순환상온 아스팔트 혼합물(RS 20)에서는 기준치를 벗어나 순환슬러지의 적정 대체율은 10%이하인 것으로 판단된다.

3.1.3 공극률

순환슬러지 채움재 혼입량에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 공극률 측정결과를 Fig. 8에 나타내었다. 순환슬러지(RS)의 대체율이 증가함에 따라 공극률이 증가하는 경향을 나타내고 있으며 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)와 비교하여 클링커 프리 채움재(RS0)의 공극률은 큰 것으로 나타났다. 클링커 프리 채움재에 순환슬러지를 20% 대체한 순환상온 아스팔트 혼합물(RS 20)에서도 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 공극량 9~14%를 만족시키는 것으로 확인되었다.

3.1.4 간접인장강도

순환슬러지 채움재 혼입량에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 간접인장강도 측정결과를 Fig. 9에 나타내었다. 순환슬러지(RS)의 대체율이 증가함에 따라 간접인장강도(ITS)이 감소하는 경향을 나타내고 있으며 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)와 비교하여 클링커 프리 채움재(RS0)의 간접인장강도는 감소하는 것으로 나타났다. 클링커 프리 채움재에 순환슬러지를 20% 대체한 순환상온 아스팔트 혼합물(RS 20)에서도 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 간접인장강도 4.0MPa 이상을 만족하는 것으로 확인되었다.

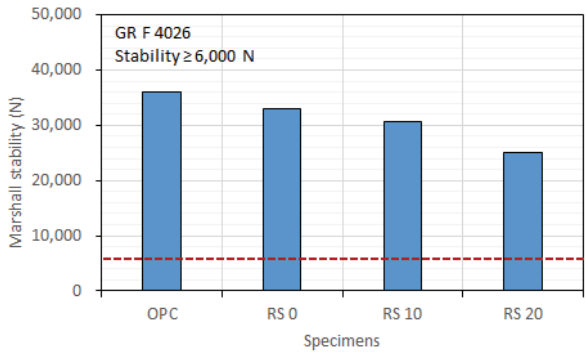

Fig. 6. Marshall stability

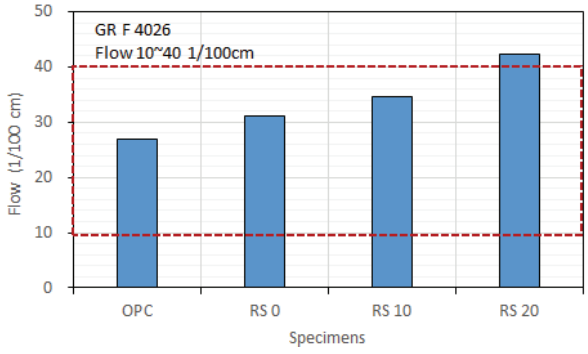

Fig. 7. Flow

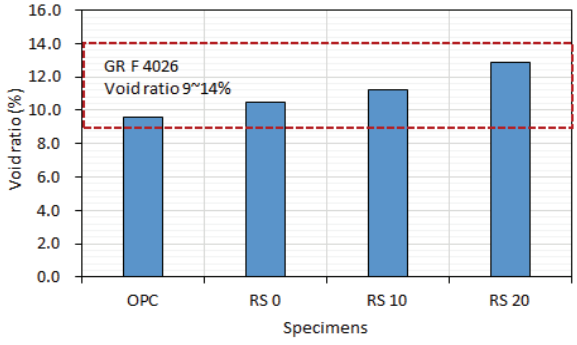

Fig. 8. Void ratio

3.1.5 인장강도비

순환슬러지 채움재 혼입량에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 인장강도비(TSR) 측정결과를 Fig. 10에 나타내었다. 순환슬러지(RS)의 대체율이 증가함에 따라 인장강도비(TSR)가 감소하는 경향을 나타내고 있으며 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)와 비교하여 클링커 프리 채움재(RS0)의 인장강도비는 감소하는 것으로 나타났다. 클링커 프리 채움재에 순환슬러지를 20% 대체한 순환상온 아스팔트 혼합물(RS 20)에서는 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 인장강도비 0.7% 이상을 만족하지 못하였다. 순환 상온아스팔트 채움재로 적용할 경우 건설폐기물 중간 처리시설에서 발생하고 있는 폐슬러지를 건조분쇄한 순환슬러지의 적정 첨가량은 10% 이내로 판단된다.

3.2 순환유리 골재 혼입에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 특성

3.2.1 안정도

순환유리 골재 혼입에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 안정도 측정결과를 Fig. 11에 나타내었다. 순환유리 골재(RG)를 혼입함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 안정도는 감소하는 경향을 나타내었다. 순환유리 골재 혼입에 따른 안정도 저하는 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물과 비교하여 클링커 프리 채움재(CFC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물에서 상대적으로 크게 나타났다. 채움재 종류에 상관없이 순환유리 골재 혼입한 순환 상온아스파트 혼합물은 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 마샬시험에 의한 안정도 기준치인 6,000N이상을 만족시키는 것으로 확인되었다.

3.2.2 흐름값

순환유리 골재 혼입에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 흐름값 측정결과를 Fig. 12에 나타내었다. 순환유리 골재(RG)를 혼입함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 흐름값은 증가하는 경향을 나타내었다. 순환유리 골재 혼입에 따른 흐름값 증가는 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물과 비교하여 클링커 프리 채움재(CFC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물에서 상대적으로 크게 나타났다. 채움재 종류에 상관없이

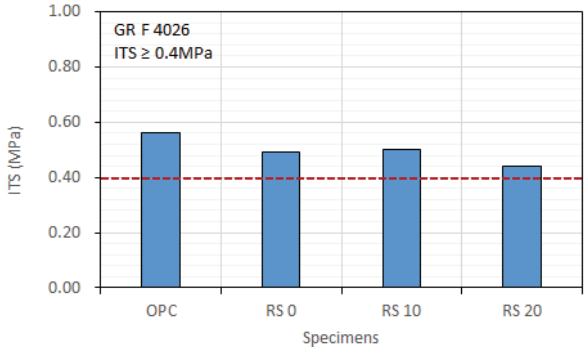

Fig. 9. ITS

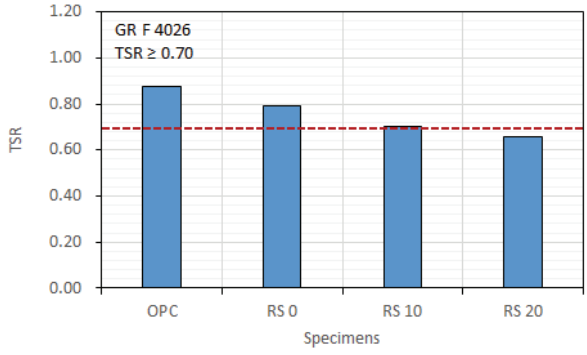

Fig. 10. TSR

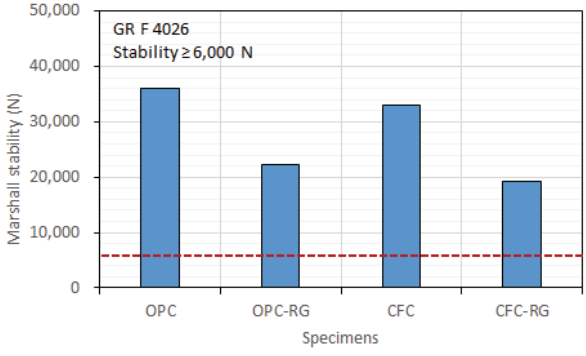

Fig. 11. Marshall stability

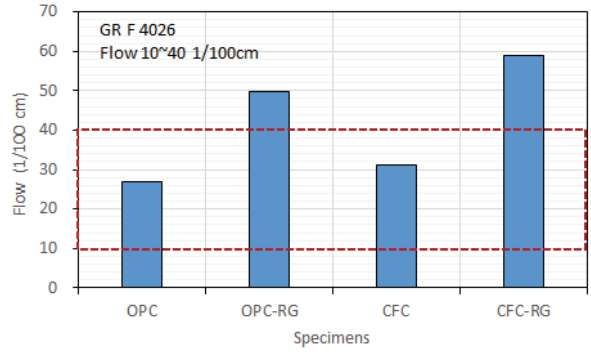

Fig. 12. Flow

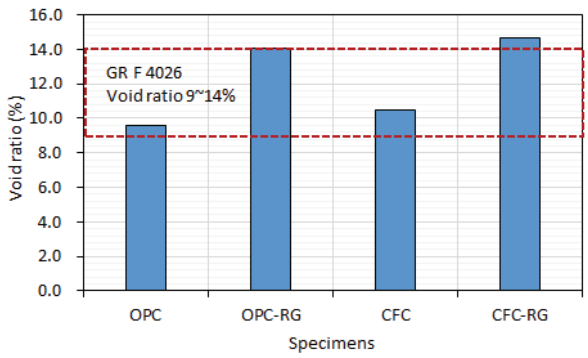

Fig. 13. Void ratio

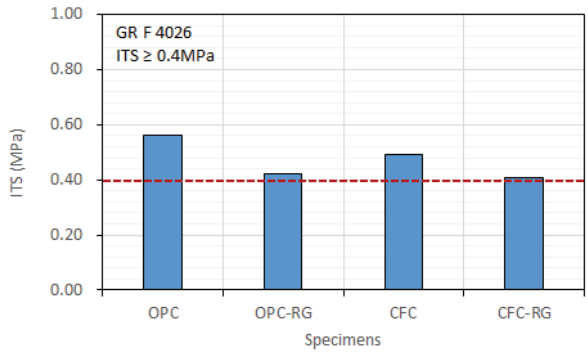

Fig. 14. ITS

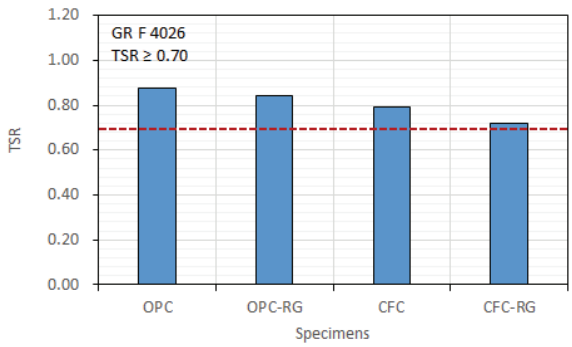

Fig. 15. TSR

순환유리 골재 혼입한 순환 상온아스파트 혼합물은 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 흐름값인 10~40 (1/100)cm를 모두 만족하지 못하였다.

3.2.3 공극률

순환 유리골재 혼입에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 공극률 측정결과를 Fig. 13에 나타내었다. 순환유리 골재(RG)를 혼입함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 공극률은 증가하였다. 순환유리 골재 혼입에 따른 공극률의 증가는 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물과 비교하여 클링커 프리 채움재(CFC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물에서 상대적으로 크게 나타났다. 이로 인하여 클링커 프리 채움재에 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물(CFC-RG)에서 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 공극률량 9~14%를 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.

3.2.4 간접인장강도

순환 유리골재 혼입에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 간접인장강도 측정결과를 Fig. 14에 나타내었다. 순환유리 골재(RG)를 혼입함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 간접인장강도는 감소하였다. 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물(OPC-RG와 CFC-RG)은 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 간접인장강도 4.0MPa 이상을 겨우 만족하는 수준을 나타내었다.

3.2.5 인장강도비

순환 유리골재 혼입에 따른 순환 상온아스팔트 혼합물의 인장강도비(TSR) 측정결과를 Fig. 15에 나타내었다. 순환유리 골재(RG)를 혼입함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 인장강도비는 감소하였다. 순환유리 골재 혼입에 따른 인장강도비의 감소는 보통 포틀랜드 시멘트 채움재(OPC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물과 비교하여 클링커 프리 채움재(CFC)를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물에서 상대적으로 크게 나타났다. 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물(OPC-RG와 CFC-RG)은 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 인장강도비 0.7%이상을 만족하는 수준을 나타내었다.

4. 결 론

건설폐기물 중간처리시설에서 발생하고 있는 폐슬러지를 건조분쇄한 순환 슬러지와 재활용되지 못하는 폐유리병을 가공 처리한 순환 유리골재를 순환 상온아스팔트에 적용하기 위한 기초연구로서 순환 슬러지 및 순환 유리골재의 사용에 따른 순환 상온아스팔트의 특성을 비교 · 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 순환 슬러지를 채움재로서 사용량을 증가할수록 순환 상온아스팔트 혼합물의 마샬안정도, 간접인강강도, 인장강도비는

감소하고 흐름값, 공극률은 증가하는 것으로 나타났다.

2) 순환 상온아스팔트 혼합물(OPC-RG와 CFC-RG)은 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 품질기준을 만족시키기 위한 순환 슬러지를 채움재로서 사용량은 10% 이내인 것으로 나타났다.

3) 순환 유리골재를 사용함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 마샬 안정도, 간접인강강도, 인장강도비는 감소하고 흐름값, 공극률은 증가하는 것으로 나타났다.

4) 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물(OPC-RG와 CFC-RG)이 GR F 4026에서 규정하고 있는 순환상온 아스팔트콘크리트 혼합물(기층용)의 품질기준을 만족시키기 위해서는 본 연구의 범위내에서 흐름값 및 공극률에 대한 고려가 필요할 것으로 사료된다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

이 논문은 2019년 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호 2019002750002).

References

Gautam, S.P., Srivastava, V., Agarwal, V.C. (2012). Use of glass wastes as fine aggregate in Concrete, Journal of Academic Indusand trial Research, **1(6)**, 320-322.

Hong, I.K., Jeon, G.S., Yang, C.B., Lee, S.B. (2014). Development of optimal binder for recycling cold asphalt mixture, Applied Chemistry for Engineering, **25(4)**, 409-413 [in Korean].

Issa, Y. (2016). Effect of adding crushed glass to asphalt mix, Archives of Civil Engineering, **62(2)**, 36-44.

Kang, S.P. (2012). A study on the usability of red mud as activator of alkali-activated cementless binder, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, **28(11)**, 133-140 [in Korean].

Kang, S.P., Kwon, S.J. (2017). Effects of red mud and alkali-activated slag cement on efflorescence in cement mortar, Construction and Building Materials, **133**, 459-467.

Kim, N.S., Jo, M.H., Lim, J.S. (2003). Laboratory performance characteristics of cold-mixed reclaimed asphalt pavement(RAP), Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, **3(1)**, 133-140 [in Korean].

Lee, M.H., Kang, S.P. (2018). Properties of cold recycled asphalt mixtures with alkali-activated filler according to wasted asphalt aggregate content, Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, International Journal of Concrete Structures and Materials, **6(3)**, 199-206.

Lin, J., Wei, T., Hong, J., Zhao, Y., Liu, J. (2015). Research on development mechanism of early-stage strength for cold recycled asphalt mixture using emulsion asphalt, Construction and Building Materials, **99**, 137-142.

Park S.B., Kwon H.J. (2001). A study on the properties of modified asphalt mixtures using cold recycling method, Journal of the Korean Academic Industrial Society, **2(2)**, 65-71 [in Korean].

Wang, Y., Leng, Z., Li, X., Hu, C. (2018). Cold recycling of reclaimed asphalt pavement towards improved engineering performance, Journal of Cleaner Production, **171(10)**, 1031-1038.

Xiao, F., Yao, S., Wang, J., Li, X., Amirkhanian, S. (2018). A literature review on cold recycling technology of asphalt pavement, Construction and Building Materials, **180**, 579-604.

순환 슬러지 및 순환 유리골재를 사용한 순환 상온아스팔트 혼합물의 기초특성

건설폐기물 중간처리시설에서 발생하고 있는 폐슬러지를 건조 분쇄한 순환 슬러지와 재활용되지 못하는 폐유리병을 가공처리한 순환 유리골재를 순환 상온아스팔트에 적용하기 위한 기초연구로서 순환 슬러지 및 순환 유리골재의 사용에 따른 순환 상온아스팔트의 특성을 비교・검토하였다. 그 결과 순환 슬러지를 채움재로서 사용량을 증가할수록 순환 상온아스팔트 혼합물의 마샬 안정도, 간접인강강도, 인장강도비는 감소하고 흐름값, 공극률은 증가하는 것으로 나타났다. 또한 순환 유리골재를 사용함으로서 순환 상온아스팔트 혼합물의 마샬 안정도, 간접인강강도, 인장강도비는 감소하고 흐름값, 공극률은 증가하는 것으로 나타났다.