

# 석탄회 기반 채움재를 활용한 아스팔트 콘크리트의 공학적 특성

## Characteristics of Asphalt Concrete Utilizing Coal Ash Based Filler

김영욱<sup>1\*</sup> · 박근배<sup>2</sup> · 우양이<sup>2</sup> · 문보경<sup>3</sup>

Young-Wook Kim<sup>1\*</sup> · Keun-Bae Park<sup>2</sup> · Yang-Yi Woo<sup>2</sup> · Bo-Kyung Moon<sup>3</sup>

(Received August 29, 2017 / Revised September 5, 2017 / Accepted September 6, 2017)

This paper presents a laboratory investigation into the effects of fillers using industrial by-product such as coal ash, IGCC slag on properties of hot-mixed asphalt concrete variation with filler content. For comparison, existing mixture with lime and dust have also been considered. Marshall and flow test has been considered for the purpose of mix design as well as evaluation of mixture. Other performance tests such as indirect tensile strength test, tensile strength ratio(moisture susceptibility), dynamic stability have also been carried out variation with filler content. It is observed that the mixes with industrial by-product exhibit conform with quality standard. Therefore, it has been recommended to utilize industrial by-product based on fly ash wherever available, not only reducing the produce cost but also partly solve the industrial by-product utilization and disposal problem.

**키워드** : 석탄회, 채움재 함량, 아스팔트 콘크리트, 안정도, 간접인장강도, 인장강도비, 동적안정도

**Keywords** : Coal ash, Filler content, Asphalt concrete, Marshall stability, Indirect tensile strength, Tensile strength ratio, Dynamic stability

### 1. 서론

현재 국내 석탄 화력발전소는 총 59기가 운영 중이며, 석탄화력 발전의 높은 의존도(2015년 48.3%, 에너지통계연보 2016)로 인하여 화력발전 부산물은 매년 막대한 양이 발생되고 있는 실정이다.

또한 산업통상자원부의 「제7차 전력수급계획」에 따르면 장기적으로는 석탄화력발전의 비중을 점진적으로 감축할 계획에 있으나, 2029년까지는 신규건설이 확정된 발전설비에 한하여 지속적인 증설을 계획하고 있다. 따라서 향후 화력발전소에서 발생하는 부산물량은 일정기간 증가할 것으로 예상되며, 기존 처처리장의 만지시기 도래 등으로 인하여 발전 부산물의 유효활용방안 확대가 필요한 시점이다.

하지만 현재 발전 부산물인 석탄회에 대한 활용연구 및 활용처는 대부분 콘크리트용 혼화재료로 한정되어 있어 최근에는 제한적 활용에 대한 문제점을 개선하기 위하여 아스팔트 혼합물용 사용재

료 등 다양한 건설소재로의 활용 연구가 수행되고 있는 실정이다.

석탄회를 아스팔트 콘크리트용 채움재로 활용하기 위해서는 경제적이면서 일정 수준이상의 품질성능을 확보하여야만 한다. 일반적으로 아스팔트 콘크리트용 채움재의 역할은 혼합물의 공극을 채우는 효과와 최적 아스팔트함량(Optimum Asphalt Content, OAC)의 저감, 아스팔트와 골재의 부착력을 증대 시켜 상대적으로 적은 양의 아스팔트를 사용하여 견고한 혼합물을 형성하는 것으로 알려져 있다(Zulkati et al, 2011). 또한 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 지침(국토부 2015)에 따르면 채움재는 먼지, 진흙, 유기물, 덩어리진 미립자 등의 유해물질을 함유하지 않아야 하며 더스트가 포함되면 별도의 품질기준을 만족해야 한다고 규정하고 있다.

현재 일선에서 주로 사용되고 있는 아스팔트 콘크리트용 채움재는 석회석분과 회수 더스트를 혼합하여 채움재로 적용하고 있으며, 이는 회수 더스트만 사용할 경우 입도 및 유동성 등의 품질성능 저하 문제가 발생하기 때문이다. 따라서 기존의 석회석분을 기반

\* Corresponding author E-mail: [alwayswork@kcl.re.kr](mailto:alwayswork@kcl.re.kr)

<sup>1</sup>(재)한국건설생활환경시험연구원 (Korea Conformity Laboratories, Daejeon, 34113, Korea)

<sup>2</sup>(주)에프원테크 (Research Center, Fitech Co., Ltd, Chungnam, 33415, Korea)

<sup>3</sup>한국서부발전주식회사 (Power Generation Department, Korea Western Power Cp., Ltd, Chungnam, 32140, Korea)

으로 하는 아스팔트 콘크리트용 채움재는 천연자원 채취로 인한 환경문제, 생산비용 등의 문제점을 내포하고 있어 이에 대한 대체재 개발연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 발전 부산물의 활용방안 증대를 위한 연구의 일환으로서 석탄회를 기반으로 한 채움재의 아스팔트 콘크리트에 대한 적용성을 검토하고자 하였다. 이를 위하여 채움재 종류 및 혼합조건에 따른 아스팔트 콘크리트의 공학적 특성을 검토하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획 및 사용재료

본 연구에서는 석탄회를 아스팔트 콘크리트용 채움재로 활용하기 위한 연구의 일환으로서 채움재 및 AP의 혼합조건에 따른 아스팔트 콘크리트의 품질특성을 기존 채움재와 비교 검토하였다. 본 연구의 실험계획은 Table 1에 나타난 것과 같이 1 Series에서는 채움재 종류(석탄회 기반 채움재, 기존 채움재)별로 다른 최적 아스팔트 함량(OAC) 결정을 위한 특성요인을 분석하였으며, 2 Series에서는 1 Series에서 도출된 OAC를 토대로 하여 채움재 종류 및 혼합량 변화에 따른 아스팔트 혼합물의 소성변형 및 균열 저항성 등의 공학적 특성을 검토하였다.

Table 1. Test Scheme

ID		Mix proportion(%)	
		AP content(%)	Filler content(%)
1 Series	Coal ash based filler(CAF)	4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5	2.5
	Lime based filler(LF)		2.8
2 Series	Coal ash based filler(CAF)	5.7	1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0
	Lime based filler(LF)	5.8	

Table 2. Properties of asphalt

Properties	Value	Unit
Penetration(25°C)	70	1/10mm
Softening point	48	°C
Ductility(15°C)	More than 100	cm
Solubility in toluene	99.95	weight %
Flash point	346	°C
After TFO-change in mass	-0.08	weight %
After TFO-retained penetration	83.3	%
After TFO-ratio of penetration	94	%

본 연구에서 사용된 아스팔트(AP)는 밀도 1,039g/cm<sup>3</sup>의 S사 AP-5를 사용하였으며 특성은 Table 2와 같다. 사용된 골재로는 표준용 아스팔트 콘크리트의 적용을 고려하여 G<sub>max</sub> 13mm, 절건밀도 2,66g/cm<sup>3</sup>의 부순골재를 사용하였고, 잔골재는 최대치수 5mm, 절건밀도 2,65g/cm<sup>3</sup>의 입도 No.4의 부순골재를 사용하였으며, 특성은 Table 3과 같다. 석탄회 기반 채움재에 사용된 Fly ash와 IGCC슬래그의 미세입자 구조는 Fig. 1과 같다.

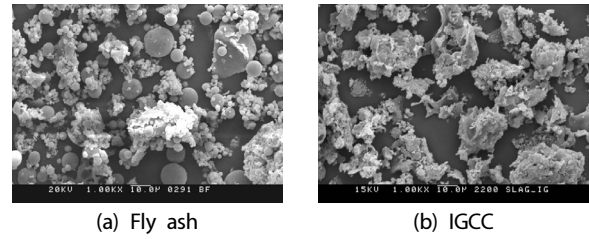


Fig. 1. The microstructure of filler's raw materials

Table 3. Properties of aggregate

Properties	Coarse aggregate	Fine aggregate
Maximum size(mm)	13	5
Fineness modulus	6.13	2.94
Apparent density(g/cm <sup>3</sup> )	2.72	2.70
Water absorption	0.7	0.8
Abration ratio(%)	21.5	-
Flat or elongate(%)	13.4	-
Break surface(%)	100	-
Coating and stripping(%)	95% Above	-

Table 4. Properties of filler

Properties		CAF	LF
Sieve test(%)	0.6mm	100	100
	0.3mm	99	98
	0.15mm	96	94
	0.75mm	88	85
Water content(%)	0.2	0.1	
Plasticity index	NP	NP	
Flow test(%)	41	37	
Scaling resistance	Less than 1/4	Less than 1/4	
Swelling ratio(%)	1	1	

Table 5. Chemical composition of CAF

Chemical composition(%)							Ig.loss
MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
3.1	30.2	48.3	2.9	0.9	10.2	2.2	4.1

본 연구에서 적용한 석탄회 기반 채움재는 해외 연구동향 및 선행연구를 토대로 Fly ash(PC 보일러 : 55%, CFB 보일러 : 25%), 고로슬래그 미분말(10%), IGCC 미분말(10%)로 구성된 것을 사용하였으며, 기존 채움재를 석탄회 기반 채움재와 성능 비교검토를 위하여 석회석분과 디스트의 혼합비율이 7:3인 것을 사용하였다.

석탄회 기반 채움재 및 기존 채움재의 물리적 특성 및 화학적 조성은 Tables 4 및 5와 같다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 Marshall 안정도 및 흐름값

아스팔트 콘크리트 혼합물의 특성 및 배합설계의 적정성을 평가하기 위하여 Marshall 안정도 및 흐름값을 KS F 2337 「마셜 시험기를 사용한 아스팔트 혼합물의 마셜 안정도 및 흐름값 시험방법」에



Fig. 2. Marshall stability and flow test



Fig. 3. Indirect tensile strength test and specimen



Fig. 4. Preprocessing of moisture susceptibility



Fig. 5. Dynamic stability test

준하여 측정하였으며, 제작 시험편 및 시험전경은 Fig. 2와 같다.

### 2.2.2 간접인장강도

석탄회 기반 채움재를 활용한 아스팔트 콘크리트의 균열저항성을 평가를 위하여 KS F 2382 「아스팔트 혼합물의 간접 인장강도 시험방법」에 준하여 측정하였으며, 제작 시험편 및 시험전경은 Fig. 3과 같다.

### 2.2.3 인장강도비(수분저항성)

아스팔트 혼합물의 수분에 대한 내구성을 평가하기 위하여 KS F 2398 「아스팔트 혼합물의 수분저항성 시험방법」에 준하여 인장강도비를 평가하였으며, 시험전경은 Fig. 4와 같다.

### 2.2.4 동적안정도

반복적인 차륜 하중에 대한 아스팔트 콘크리트의 소성변형 저항성을 평가하기 위하여 KS F 2374 「아스팔트 혼합물의 휠 트래킹 시험방법」에 준하여 동적안정도를 평가하였으며, 시험전경은 Fig. 5에 나타난 것과 같다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 아스팔트 함량에 따른 특성분석 및 최적 아스팔트 함량(OAC) 도출

아스팔트 함량에 따른 혼합물의 특성 검토를 위하여 석탄회 기반 채움재(이하 CAF) 및 기존 채움재(석회석분:회수디스트 = 7:3, 이하 LF)를 각각 2.5%, 2.8% 혼입하고, 아스팔트 혼합물의 공극률이 4%가 되도록 배합설계를 수행하여 시험편을 제작하였다.

채움재 종류 및 AP 함량변화에 따른 혼합물의 안정도 및 흐름값 시험결과는 Table 6 및 Fig. 6과 같으며, 이를 고찰하여 보면 다음과 같다.

AP 함량과 혼합물의 마셜안정도에 대한 Kar et al.(2014)의 연구에서는 OAC까지는 AP 함량이 증가함에 따라 안정도도 비례상관적으로 증가하며, OAC를 초과할 경우 안정도는 감소하는 것으로 보고하고 있다. 본 연구에서도 기존의 연구와 동일한 경향성을 나타내 CAF를 활용한 혼합물의 경우는 AP 함량이 5.7%까지는 안정도도 증가하는 경향을 나타냈으며, LF의 경우는 AP 함량 5.8%까지는 안정도가 증가하는 경향을 나타냈다. 그리고 채움재 종류에 따라 최대 안정도를 나타내는 AP함량이 다소 상이한 결과를 나타냈으나 그 차이는 미미한 수준이었으며, 모든 채움재 종류에

Table 6. Test result according to asphalt content(%)

Finishing condition		Marshall stability(N)	Flow test(1/100cm)	VTM(%)	VFA(%)
Classify	AP(%)				
Coal ash based filler (CAF)	4.5	7973	22	6.3	61.7
	5.0	8630	25	5.3	68.4
	5.5	9400	28	4.3	74.5
	6.0	9423	34	3.3	80.9
	6.5	9023	42	2.2	87.5
Lime based filler (LF)	4.5	8500	20	6.8	59.9
	5.0	9261	23	5.9	65.8
	5.5	8586	27	4.6	72.9
	6.0	9815	31	3.5	79.6
	6.5	9200	38	2.7	84.8

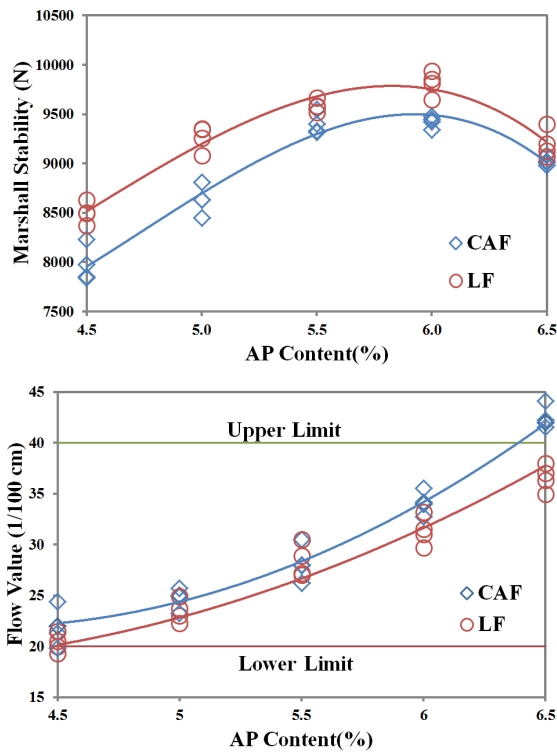


Fig. 6. Marshall and flow test variation with AP content

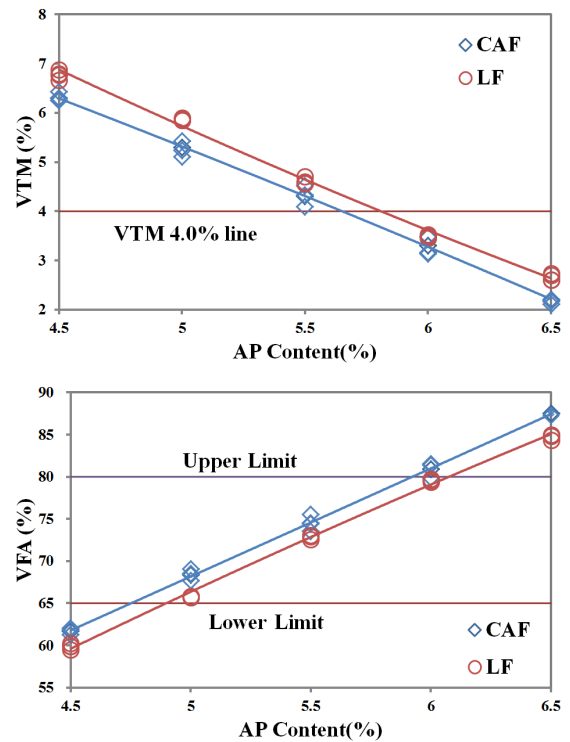


Fig. 7. VTM and VFA variation with AP content

서 AP 함량이 4.5% 이상일 경우 현재 관련 표준에서 규정하고 있는 안정도의 품질기준치(5,000N 이상)를 충족시키는 것으로 나타났다.

Fig. 6은 채움재 종류 및 AP 함량변화에 따른 흐름값 측정결과를 나타낸 것이다. 실험결과를 살펴보면 AP 함량이 증가함에 따라 혼합물의 흐름값은 증가하는 경향을 나타냈으며, CAF의 경우가 LF 보다 높은 흐름특성을 나타냈다. 이러한 원인은 기존 석회석분

을 기반으로한 채움재와 석탄회 부산물을 기반으로 하는 채움재의 밀도차이에 기인한 것으로서 Rahman et al.(2013)의 연구결과에서도 보고된 바 있다.

또한 기존 LF의 경우는 전 AP 함량 조건에서 현재 단체표준에서 규정하고 있는 흐름값 범위(20~40 1/100cm)를 만족시키는 것으로 나타났다. 하지만 CAF의 경우는 AP함량 4.5~6.0%까지는 상기 기준 범위를 충족시키는 것으로 나타났으나 최대 AP 함량에

서는 기준치를 만족시키지 못하는 것으로 나타났다.

채움재 종류 및 AP함량 변화에 따른 혼합물의 공극률(VTM), 포화도(VFA) 분석결과는 Table 6과 Fig. 7에 나타난 것과 같다.

공극률은 다져진 아스팔트 혼합물의 용적 중 공극이 차지하는 용적을 백분율로 나타낸 것으로서 포화도와는 반비례적 상관성을 나타낸다. 본 실험결과 AP 함량이 증가함에 따라 모든 채움재 종류에서 공극률은 감소(Bang et al. 2016)하고 포화도는 증가하는 경향을 나타냈으며, CAF의 경우가 LF에 비하여 동일 AP 함량 조건일 경우 다소 낮은 공극률과 높은 포화도 특성을 나타냈다.

현재 표층용 아스팔트 혼합물에 대한 품질기준은 단체표준인 SPS-KAI0002-F2349-5687 “가열 아스팔트 혼합물”에 규정되어 있으며, 상기 표준에서는 표층용 혼합물에 대한 공극률은 3~6%, 포화도는 65~80%로 규정하고 있다. 따라서 본 연구의 석탄회 기반 채움재를 활용한 혼합물의 경우는 AP 함량이 5.0~6.0%일 경우 상기 품질기준을 충족시키는 것으로 나타났다.

이상으로 석탄회 기반 채움재를 활용한 아스팔트 콘크리트의 최적 아스팔트 함량 결정을 위한 분석 결과 아스팔트 혼합물 관련 단체표준(SPS)에서 규정하고 있는 품질기준을 충족시키고, 동시에 본 연구의 배합설계 시 목표기준을 충족시키는 OAC는 CAF의 경우는 5.7%인 것으로 도출되었으며, LF의 경우는 5.8%인 것으로 도출되었다.

### 3.2 채움재 함량에 따른 아스팔트 콘크리트의 특성

#### 3.2.1 Marshall 안정도 및 흐름시험

석탄회 기반 채움재의 아스팔트 혼합물에 대한 적용가능성 및 최적 혼입량 도출을 위하여 본 연구에서 도출된 OAC를 기준으로 채움재 종류(2수준) 및 혼입량(5수준) 변화에 따른 혼합물의 특성을 분석하였다. 아스팔트 콘크리트에서 채움재의 역할은 단순히 공극을 채워주는 효과 외에 미세균열에 대한 저항성 증가와 피로 균열에 대한 저항성을 증가시켜주는 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며(Rahman et al. 2013), 이외에도 아스팔트와 골재간의 결합력을 증가시켜 적은양의 아스팔트 함량으로도 견고한 아스팔트 콘크리트를 형성할 수 있도록 역할을 한다고 보고되고 있다.(Harris et al. 1995)

Fig. 8은 채움재 종류 및 함량에 따른 아스팔트 콘크리트의 Marshall 안정도 및 흐름시험 결과를 나타낸 것으로서 이를 살펴보면 모든 채움재 종류에서 혼입량이 증가함에 따라 안정도 값이 증가하여 2.5% 이상에서는 수렴하거나 감소하는 결과를 나타내고 있다. 그리고 흐름시험 결과에서는 CAF의 경우 함량 1.5% 이상에

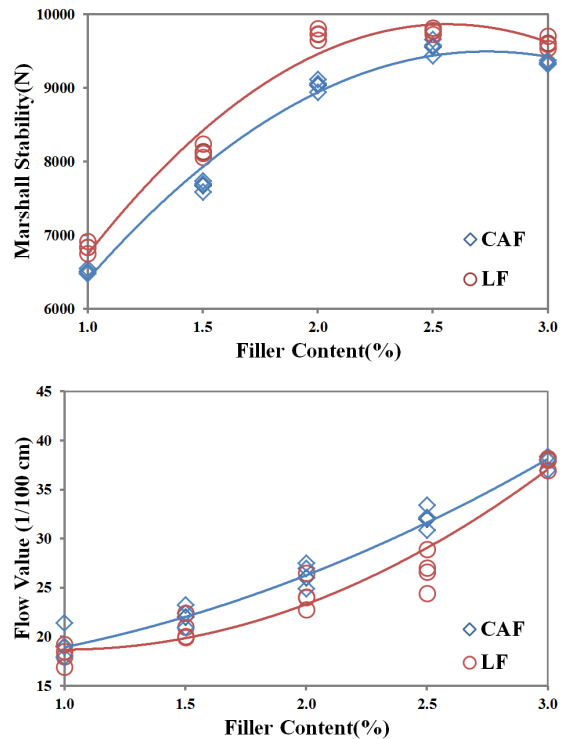


Fig. 8. Marshall and flow test variation with filler content

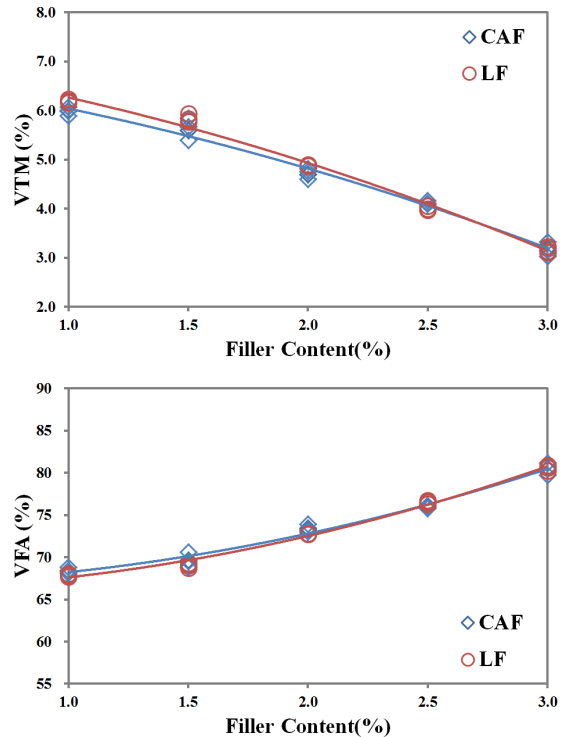


Fig. 9. VTM and VFA variation with filler content

서 단체표준에서 규정하고 있는 기준치(20~40 1/100cm)를 충족하고 있으며, 채움재 함량이 증가함에 따라 흐름시험 값이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 Hafeez et al.(2009)의 연구결과에서도 보고된바 있다.

또한 채움재 종류별에 따른 특성은 LF의 경우가 CAF에 비하여 다소 우수한 안정도를 발현하는 것으로 나타났으나 그 차이는 크지 않았으며, CAF 함량 2.5%에서는 LF 대비 대등한 수준의 안정도를 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

Fig. 9에서는 채움재 요인별에 따른 아스팔트 콘크리트의 공극률 및 포화도 실험결과를 나타낸 것이다.

이를 살펴보면 모든 채움재 종류에서 공극률과 포화도는 반비례적 상관성을 나타내 채움재 혼입률이 증가함에 따라 공극률은 감소하고 포화도는 증가하는 것으로 나타났으며 채움재 종류별에 따른 영향은 미미한 수준이었다. 그리고 현재 관련 표준에서 규정하고 있는 공극률 및 포화도에 대한 품질기준치를 동시에 만족시키는 채움재 함량은 1.5~2.5%인 것으로 확인되었다.

### 3.2.2 간접인장강도(Indirect Tensile Strength)

채움재 종류 및 함량 변화에 따른 아스팔트 콘크리트의 균열저항성을 평가하기 위하여 간접인장강도를 측정하였으며 결과는

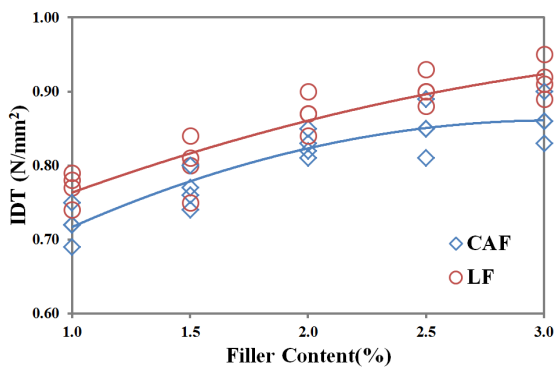


Fig. 10. Variation of IDT with filler content

Table 7 및 Fig. 10과 같다.

채움재의 함량이 증가함에 따라 간접인장강도는 1.0% 혼입률 대비 3.0%의 혼입률에서 약 20% 증가하는 결과를 나타내었으며, 이와같은 연구결과는 채움재 함량이 증가할수록 아스팔트의 결합력이 증가한다는 Huang et al.(2007)의 연구결과와 동일한 경향성을 나타낸다.

채움재 종류별에 따른 특성을 분석한 결과 CAF가 LF에 비하여 약 5.6% 정도 낮은 간접인장강도 특성을 나타내었으나, 이는 LF의 경우 석회석분의 비중이 채움재에서 70%를 차지하고 있어, 석회석분에 의한 박리방지효과와 아스팔트의 강성을 증가시키는 효과로 인해 상대적으로 높은 강도 값을 나타내는 것으로 판단된다. 하지만 CAF의 경우에서도 혼입율 2.0%이상에서 국토부 “아스팔트 생산 및 시공지침”에서 규정하고 있는 0.8N/mm²를 충족하는 결과를 나타내어 일정 수준 이상의 균열저항성능을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

### 3.2.3 인장강도비(Tensile Strength Ratio)

채움재 요인별에 따른 수분저항성을 검토하기 위하여 인장강도비를 측정하였으며, 결과는 Table 7 및 Fig. 11과 같다.

측정결과를 검토해보면 CAF를 사용할 경우 LF보다 약 5% 정도

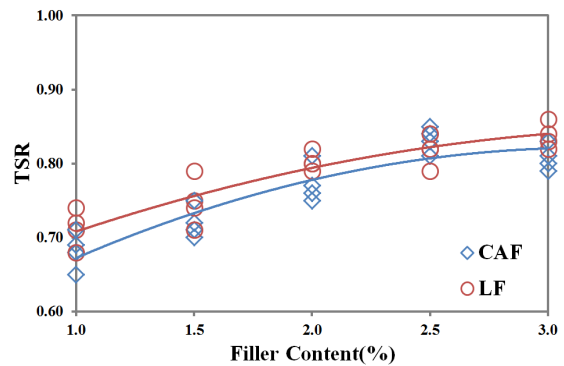


Fig. 11. Variation of TSR with filler content

Table 7. Test result according to filler content

Filler content(%)	IDT(N/mm²)		TSR		DS(cycle/mm)	
	CAF	LF	CAF	LF	CAF	LF
1.0	0.72	0.77	0.68	0.71	2180	2840
1.5	0.77	0.80	0.72	0.75	2940	3520
2.0	0.83	0.87	0.77	0.80	3260	4290
2.5	0.85	0.90	0.83	0.82	3570	4100
3.0	0.86	0.92	0.84	0.84	3240	3900

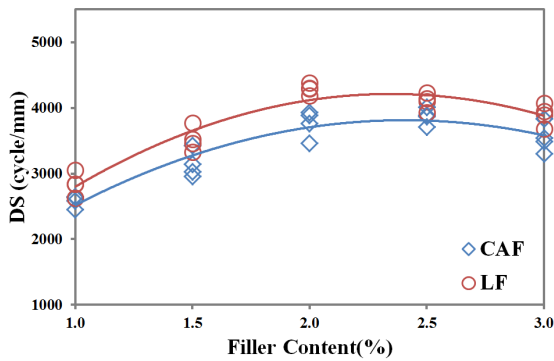


Fig. 12. Variation of DS with filler content

의 낮은 인장강도비를 나타내었으나, CAF함량 2.0%에서는 국내 단체표준(SPS)의 품질관리 기준 0.75 이상을 만족하는 것으로 나타났다.

또한 모든 채움재 종류에서 함량이 2.5% 이상에서는 채움재 종류에 관계없이 인장강도비 값이 수렴하는 경향을 나타내고 있으며 Huang et al.(2007)의 연구결과처럼 채움재 함량을 3.0% 이상으로 증가시킨다면 아스팔트 함량이 상대적으로 감소하기 때문에 수렴 또는 감소하는 경향을 나타낼 것으로 판단된다.

### 3.2.4 동적안정도(Dynamic Stability)

채움재의 함량에 따른 아스팔트 콘크리트의 차륜하중에 대한 소성변형 즉 Rutting에 대한 저항성을 확인하고자 동적안정도를 측정하였으며, 결과는 Table 7 및 Fig. 12와 같다.

모든 채움재의 종류에서 채움재 함량이 증가함에 따라 동적안정도 값이 증가하여 CAF의 경우 2.5%, LF의 경우 2.0%에서 가장 우수한 동적안정도 값을 나타내었다. 또한 CAF의 경우 LF 대비 채움재 함량 2.5%에서 약 13% 낮은 성능을 발현하였으나, 혼입률 1.0% 이상에서 국내 단체표준(SPS)의 품질관리 기준 750회/mm 이상을 충족하여 소성변형에 대한 저항성을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.

## 4. 결론

국내 화력발전소에서 발생하는 석탄회 기반 채움재를 아스팔트 콘크리트에 적용하여 채움재 및 AP 혼입률에 따른 품질특성을 기존 채움재와 비교 검토하였으며, 요인별 아스팔트 콘크리트의 소성변형 저항성 및 균열저항성에 미치는 영향을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 아스팔트 함량 변화에 따른 안정도, 흐름값, 공극률 및 포화도를 검토한 결과 모든 채움재에서 AP 함량이 증가함에 따라 안정도 및 흐름값이 증가하는 경향을 나타내었으며, 공극률과 포화도는 반비례적인 상관성을 나타내었다. 또한 채움재 종류별에 따른 최적아스팔트함량(OAC)을 분석한 결과 CAF와 LF의 경우 각각 5.7%와 5.8%인 것으로 도출 된다.
2. 채움재 함량 변화에 따른 안정도, 흐름값, 공극률 및 포화도를 검토한 결과 LF의 경우가 CAF에 비하여 다소 우수한 안정도를 발현하는 것으로 나타났으나 그 차이는 크지 않았으며, CAF 함량 2.5%에서는 LF 대비 대등한 수준의 안정도를 확보하는 것으로 나타났다. 흐름시험 결과에서는 CAF 함량 1.5% 이상에서는 단체표준 기준치를 충족하였으며 채움재 함량이 증가함에 따라 흐름시험 값이 증가하는 경향을 나타내었으며, 공극률과 포화도를 동시에 만족시키는 채움재 함량은 1.5~2.5%인 것으로 확인되었다.
3. CAF의 함량 변화에 따라 균열저항성 및 수분저항성에 미치는 영향을 분석한 결과, LF 대비 간접인장강도의 경우 5.6%, 인장강도비의 경우 5% 낮은 성능을 발현하는 것으로 나타났으나, CAF 혼입률 2.0% 이상에서 국토부(아스팔트 생산 및 시공지침) 및 단체표준(SPS)의 품질관리 기준을 충족하는 것으로 나타났다.
4. 차륜하중에 대한 저항성을 검토한 결과 모든 채움재에서 혼입률이 증가함에 따라 최적 채움재 함량까지 증가한 후 감소하는 경향성을 나타내었으며, CAF의 경우 혼입률 1.0% 이상에서 국내 단체표준(SPS)의 품질관리 기준을 충족하여 소성변형에 대한 저항성을 확보할 수 있었다.
5. 본 연구에서 석탄회 기반 채움재(CAF)를 적용한 아스팔트 콘크리트의 공학적 특성, 균열 저항성 및 소성변형 저항성을 측정한 결과, 최적의 아스팔트 함량(5.7%) 및 채움재 함량(2.5%)에서 가장 우수한 성능을 발현하였으며, 현재 단체표준 및 국토교통부 지침서에서 규정하고 있는 품질기준을 충족시키는 것으로 나타나, 본 연구에 대한 석탄회 기반 채움재가 아스팔트 혼합물용 사용재로서의 적용가능성을 확인할 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 “지역특화 산업육성사업”(과제번호 R0004613)으로 수행된 연구결과입니다.

## References

- Bang, J.W., Kim, Y.Y. (2016). Mechanical properties of an open graded asphalt for semi-rigid pavement, Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, **4(1)**, 68–75 [in Korean].
- Hafeez, I., Kamal, M. (2010). Effects of mineral filler to polymer modified bitumen ratio on the design properties of hot mix asphalt and its performance, Mehran University Research Journal of Engineering & Technology, **29(4)**, 581–588.
- Harris, B.M., Stuart, K.D. (1995). Analysis of mineral fillers and mastics used in stone matrix asphalt, Journal of Association of Asphalt Paving Technologists, **64**, 54–95.
- Huang, B., Shu, X., Chen, Z. (2007). Effects of mineral fillers on hot-mix asphalt laboratory-measured properties, International Journal of Pavement Engineering, **8(1)**, 1–9.
- Kar, D., Panda, M., Giri, J.P. (2014). Influence of fly-ash as a filler in bituminous mixes, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, **9(6)**, 895–900.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2015). Guidelines of Asphalt Mixture of Production and Construction [In Korean].
- Ministry of Trade, Industry and Energy. (2015). Basic Plan for Electricity Supply and Demand 7th [In Korean].
- Mistry, R., Roy, T.K. (2016). Effect of using fly ash as alternative filler in hot mix asphalt, Perspectives in Science, **8**, 307–309.
- Nathen, A.H. (2013). The effect of filler type and content on hot asphalt concrete mixtures properties, AL-Rafidain Engineering, **21(6)**, 88–100.
- Rahman, M.N., Sobhan, M.A. (2013). Use of non-conventional fillers on asphalt-concrete mixture, International Journal of Innovation and Applied Studies, **3(4)**, 1101–1109.
- SPS-KAI0002-F2349-5687 (2015). Hot Mix Asphalt Mixture [In Korean].
- Zulkati, A., Diew, W.Y., Delai, D.S. (2011). Effects of fillers on properties of asphalt-concrete mixture, Journal of Transportation Engineering, ASCE, **138(7)**, 902–910.

### 석탄회 기반 채움재를 활용한 아스팔트 콘크리트의 공학적 특성

본 연구에서는 국내 화력발전소에서 발생되고 있는 산업부산물을 활용하여 아스팔트 콘크리트용 채움재를 개발 및 혼합물에 적용하여 함량에 따른 특성 및 소성변형 저항성에 미치는 영향을 관찰하였다. 실험결과 석탄회 기반 채움재를 사용할 경우 최적아스팔트함량(OAC)은 기존 채움재 대비 0.1% 낮은 값을 나타내었다. 도출된 최적아스팔트함량에서 채움재 함량에 따른 간접인장강도 및 인장강도비 측정 결과 함량 증가에 따라 높은 성능을 발현하였고, 2.0% 이상의 함량에서 국내 단체표준 품질관리 기준 각 0.8 이상과 0.75 이상을 만족하는 결과를 얻을 수 있었다. 동적안정도는 채움재 2.5%의 함량에서 가장 높은 저항성을 나타내었으며, 함량이 2.5%를 넘어설 때 오히려 성능발현이 저하되는 결과를 나타내었다. 과도한 채움재의 혼입은 상대적으로 아스팔트 함량이 감소되기 때문에 취성파괴를 유발할 수 있으므로 최적의 채움재/아스팔트 의 비율을 찾아 적용하는 방안이 필요할 것으로 판단된다.