

산업부산물을 활용한 아스팔트 포장용 채움재 개발 및 현장시공 성능평가 연구

A Study on Asphalt Paving Filler Development from Industrial By-products and its Characteristics in Construction Site

조도영^{1*} · 박근배¹ · 우양이¹ · 문보경²

Do-Young Cho^{1*} · Keun-Bae Park¹ · Yang-Yi Woo¹ · Bo-Kyung Moon²

(Received July 19, 2016 / Revised August 15, 2016 / Accepted August 31, 2016)

In this study, asphalt paving filler, which satisfies the KS standards, were prepared from industrial by-products, such as fly ash generated from thermal power plants, cogeneration ash generated from cogeneration plants, and desulfurized gypsum generated from the flue-gas desulfurization process. The properties of the prepared mixed filler and the existing limestone filler were compared through laboratory tests for preparing asphalt mixture using each filler. In addition, asphalt pavement field tests were conducted using the limestone filler and mixed filler. The dynamic stability, Marshall stability, tensile strength ratio, saturation, porosity, and flow value of the asphalt mixtures used in the field test were evaluated, as was done in the laboratory test. The laboratory and field construction test results revealed outstanding tensile strength ratio, Marshall stability and dynamic stability when using the prepared filler than for the existing limestone filler. Through optimization of the mixing design, the possibility of developing fillers, which the characteristics of the existing limestone filler, was confirmed.

키워드 : 채움재, 석탄회, 아스팔트, 재활용

Keywords : Filler, Fly ash, Asphalt, Recycling

1. 서론

국내에서는 다양한 산업분야에서 많은 부산자원이 발생되고 있다. 대표적으로는 화력발전소에서 석탄 연소 후 발생하는 플라이 애시(fly ash)와 바텀애시(bottom ash), 탈황공정에서 배연탈황 처리 후 발생하는 탈황석고, 제철산업에서 발생하는 고로 슬래그(blast furnace slag), 제강 슬래그(steel making slag), 폐주물사 등이 대표적이며, 이들 재료를 활용하여 아스팔트 포장용 채움재를 제조하려는 연구가 진행되었으며, 이들 재료를 활용한 아스팔트 포장용 채움재 제조에 관한 기술이 특허로 다수 출원되고 등록되어 있다.

그리고 KS F 3501 아스팔트 포장용 채움재 규정에는 사용 가능한 재료로서 “석회석분, 포틀랜드 시멘트, 소석회, 플라이 애시,

회수 더스트, 전기로 제강 더스트, 주물 더스트, 각종 소각회 및 기타 적당한 광물성 물질의 분말”로서 규정되어 있다.

그리고 품질기준은 수분함량 1.0% 이하, 입도는 600 μ m 표준체에 완전히 통과되며, 300 μ m 표준체에 95% 이상, 150 μ m 표준체에 90% 이상, 75 μ m 표준체에 70% 이상 통과되어야 하는 것으로 규정되어 있다.

채움재로 사용되는 재료 중에서 석회석분, 시멘트, 소석회 이외의 재료를 채움재로 사용할 경우에는 소성지수 6 이하, 흐름시험 50% 이하, 침수팽창 3% 이하, 박리 저항성 1/4 이하를 만족하도록 규정되어 있다.

일반적으로 아스팔트 콘크리트 포장용 채움재로서는 석회석 미분말이 대부분 사용되고 있으며 석회석 미분말의 생산지는 강원도와 충청지역에 편중되어 있고, 기타 부산물을 이용하여 제조되는 채움

* Corresponding author E-mail: chody21@hanmail.net

¹(주)에프원테크 (Research Center, F1tech Co., Ltd, Chungnam, 33415, Korea)

²한국서부발전주식회사 (Power Generation Department, Korea Western Power Co., Ltd, Chungnam, 32140, Korea)

재에 대한 신뢰성이 부족하여 널리 활용되지 못하는 문제점이 있다.

그리고 석재가공에서 발생하는 석분슬러지와 제강 더스트를 아스팔트 포장용 채움재로서 사용하는 연구가 실시되었으며, 현재 제강 더스트는 KS F 3501에서 아스팔트 포장용 채움재 원료로 사용 가능한 재료로 규정되어 있으며, 석분 슬러지를 아스팔트 포장용 채움재로 사용하였을 경우에는 아스팔트 사용량을 0.4% 줄일 수 있어 원가를 줄일수 있는 장점이 있으나, 석분 슬러지의 함수비가 26%로 높아 건조 등 추가 공정이 필요한 문제점이 있다.

본 연구에서는 화력발전소 미분탄연소 보일러에서 발생하는 플라이애시와 유동층 보일러를 사용하는 열병합발전소에서 발생하는 열병합애시, 그리고 배연탈황공정에서 발생하는 탈황석고 등 원료는 미분의 분말상으로 스크린을 통한 입도분리만으로 KS F 3501 규격을 만족하는 아스팔트 포장용 채움재를 제조할 수 있어 아스팔트 콘크리트용 채움재로서 사용 가능성을 비교 시험을 통하여 분석하였다. 비교 시험에는 현재 일반적으로 사용되고 있는 석회석 채움재와 플라이애시, 탈황석고 등으로 제조된 채움재에 대해서 동적안정도, 마찰안정도, 흐름값, 공극률, 포화도, 간극률(VMA), 인장강도비(TSR) 등의 실내실험을 실시하였고, 현장시공 실험을 통해 현장 적용시 아스팔트 콘크리트 포장의 특성을 비교 하였으며, 현장시공 아스팔트 혼합물에 대해서 실내실험과 동일한 항목에 대하여 비교실험을 실시하였다.

이를 통해 플라이애시와 탈황석고 등 산업부산물로 제조된 채움재로부터 제조된 아스팔트 혼합물의 성능 증진 효과를 평가하였다.

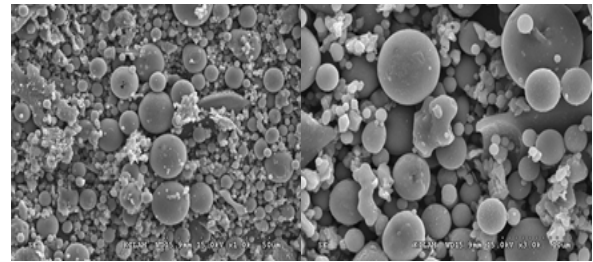
2. 실험

2.1 사용재료

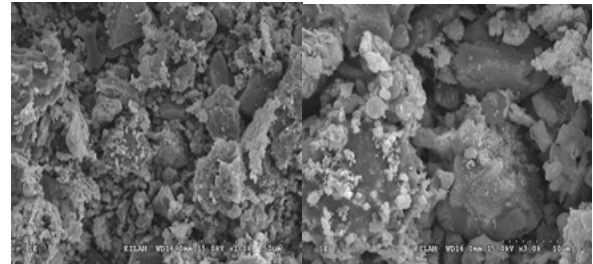
본 연구에 사용된 재료는 화력발전소 미분탄 보일러에서 석탄 연소 후 발생하는 플라이애시와 열병합발전소의 유동층 보일러에서 발생하는 열병합애시와 페트로 코크스 연소장치의 배연탈황공정에서 발생하는 탈황석고를 주원료로 사용하였으며, 그 화학조성은 Table 1과 같으며, 미세구조는 Fig. 1과 같다.

Table 1. Chemical components of powders used in the experiment

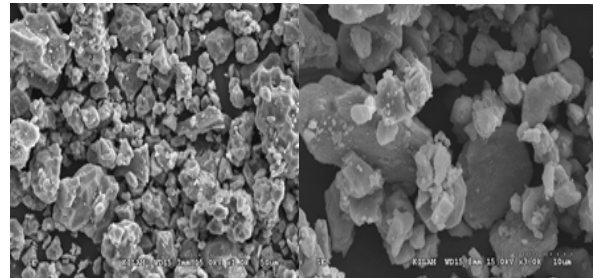
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	Cl	SUM
Fly ash (PCC)	65.20	19.40	5.91	3.18	1.14	0.62	1.03	0.47	1.04	1.53	0.08	0.01	99.61
Fly ash (CFBC)	26.40	14.50	5.59	39.90	4.20	5.47	0.65	0.37	1.15	1.15	-	0.02	99.40
Chemical gypsum	1.77	0.59	0.37	73.50	1.30	21.90	-	0.02	0.06	0.19	-	-	99.7



(a) Fly ash(PCC)



(b) Fly ash(CFBC)



(c) Chemical gypsum

Fig. 1. The microstructure of powder

사용되는 원료 중 탈황석고는 0.6mm 보다 큰 입자가 포함되어 있어 진동스크린에서 0.6mm 스크린을 통과시킨 재료를 사용하였다.

각 재료의 채움재로서 특성에 대한 물성은 Table 2와 같다. 각 재료의 채움재로서 특성 중 수분함량, 소성지수, 흐름시험, 박리저항성은 각각의 재료가 모두 KS 기준을 만족하고 있으나, 탈황석고 (Chemical Gypsum)의 침수 팽창특성이 기준을 초과하고 있으며, 이의 보완을 위해 fly ash(PCC), fly ash(CFBC), 추가로 슬래그를 혼합 사용함으로써, KS 채움재 기준을 만족시킬 수 있다. 혼합 채

움재의 배합비율은 각 원료의 침수팽창값을 측정된 후, 슬래그를 첨가하여 침수팽창값을 조절하며 각 원료의 첨가량과 침수팽창값을 종속함수로서 혼합 채움재의 침수팽창값을 결정한다.

Table 2. Characteristic of the powder as a filler

Classification	Standard	Fly ash (PCC)	Fly ash (CFBC)	Chemical gypsum	Slag
Water content	Less than 1.0%	0.2~0.4	0.2~0.5	0.2~0.5	0.2~0.4
Plasticity index	Less than 6	NP	NP	NP	NP
Flow test	Less than 50%	31~35	28~33	29~33	30~35
Spring resistance	Less than 1/4	Less than 1/4	Less than 1/4	Less than 1/4	Less than 1/4
Swelling	Less than 3%	3.0	3.0	5.3	2.1

NP=Non Plastic

Table 3. Characteristics of the produced filler

Classification	Standard	Result	Test method
Sieve test (Pass)	0.6mm	100	KS F 3501
	0.3mm	95	KS F 3501
	0.15mm	90	KS F 3501
	0.75mm	70	KS F 3501
Water content	Less than 1.0%	0.5	KS F 3501
Plasticity index	Less than 6	NP	KS F 3501
Flow test	Less than 50%	32	KS F 3501
Scaling resistance	Less than 1/4	Less than 1/4	KS F 3501
Swelling	Less than 3%	2.7	KS F 3501

본 연구에 사용한 채움재는 fly ash(PCC) 30%, fly ash(CFCB) 30%, 탈황석고 10%, 슬래그 30%를 혼합하여 제조되었으며, 제조된 채움재 특성은 Table 3과 같다.

2.2 아스팔트 혼합물 실내시험

아스팔트 포장용 채움재로서 사용시 특성 비교를 위해 본 연구에서 제조된 채움재와 석회석 채움재에 대해서 아스팔트 혼합물을 제조하여 동적안정도, 마찰 안정도, 흐름값, 인장강도비(TSR), 공극률, 포화도, 간극률(VAM)에 대하여 실내시험을 실시 하였다. 실험을 위해 채움재는 각각의 채움재를 1.5% 첨가하여 아스팔트 혼합물을 제조하였다.

Fig. 2는 마찰 안정도 시험, 인장강도비 시험을 위한 공시체 제조 과정을 나타낸 것이다.

아스팔트 포장의 최적 설계조건을 만들어 내기 위해서는 아스팔트 포장용 혼합물의 거동 특성을 이해하여야 하며, 현재 평가기준이 되는 것은 첫째, 구조해석을 위해 요구되는 하중-변형도 또는 응력-변형도 특성이며 둘째, 파괴현상을 지배하는 피로균열과 영구소성변형이다. 이러한 재료특성은 사전에 실내시험에서 현장 조건(온도, 하중지속시간, 응력조건, 다짐도 등)에서 실제와 유사하게 실시하여야 하며, 이를 위해 간접인장강도 시험, 회복탄성계수 시험, 반복재하 삼축시험, 비구속 정적 일축 크리프 시험, 동적강성, 피로시험, 휠 트랙킹시험, 마찰 안정도 시험 등이 있다.

본 연구에서는 마찰 안정도 시험, 인장강도비(TSR) 시험, 휠 트랙킹 시험을 통해 아스팔트 혼합물의 특성을 평가하였다.

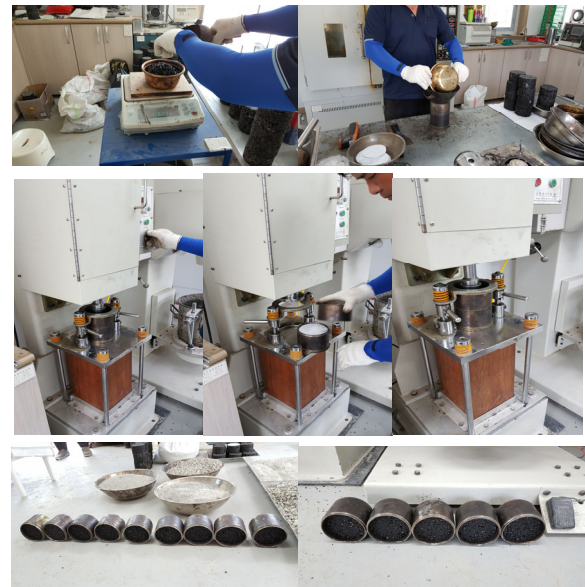


Fig. 2. Sample preparation of asphalt mixture(Lab. test)

2.2.1 마찰안정도 시험

우리나라에서는 안정도 관련 기준을 한국산업규격(KS F 2337)에 관련 기준을 정해놓고 있다.

합성입도에 따라 표준 합성입도골재 혼합물을 준비하고, 아스팔트의 동점도가 180±20cst(세이볼트 뷰플도 85±10초)때의 온도를 혼합온도로 한다.

안지름이 100mm, 높이 76.2mm 원통형 몰드를 150℃정도로 가열하여 칼라를 끼워 준비한다. 준비된 혼합물 1200g을 2회로 나눠 몰드에 넣고 스페츨라를 사용하여 몰드 주위를 15회 중앙부위를

10회 정도 달팽이 방향이 되도록 돌리면서 가볍게 다져 넣고, 공시체 다짐기를 사용하여 양면 50회를 다진다. 16~19시간 상온에서 방치한 후 탈형기를 사용하여 탈형한다.

공시체의 두께를 0.1mm까지 측정하고, 공시체의 공기 중 무게, 표면건조 무게, 수중 무게를 측정한 후 밀도를 계산한다. 공시체를 항온수조에 넣고 60±1℃의 범위에서 30분간 유지한다. 수조에서 공시체를 꺼내 물기를 제거 후 즉시 재하헤드 하부에 누워서 올려 놓고 상부헤드를 조립하여 마찰시험기에 설치하고 liner gage 및 load gage를 0에 맞춘 후 시험을 시작한다. 분당 50mm의 재하속도로 공시체에 하중을 가하고 최대하중 값을 나타낼 때의 값을 안정도라 하며 이때까지의 이동거리를 흐름값이라 한다.

2.2.2 간접인장강(TSR) 시험

인장강도시험은 원통형 공시체에 싱글 압축력 혹은 반복하중을 가함으로 얻어지는데 압축력은 직경 면의 수직으로 평행하게 작용된다. 이 하중 형태는 적용된 하중 방향의 직각 그리고 직경의 연직 방향에 따라 인장강도가 비교적 일정하게 발전된다. 결국 직경의 수직방향에 따라 갈라짐에 의해서 공시체가 파괴된다.

공시체를 온도조절 장치에 넣고, 정해진 시험온도로 맞춘다. 공시체를 온도조절 장치에서 꺼내어 재하 헤드의 하부 스트립 위에 놓고, 공시체 위에 재하 헤드 상부 스트립을 놓는다. 금속막대는 시료의 지름을 지나는 수직면에 중심을 맞추어 거치 시키며, 하중은 50mm/min의 속도로 재하 하되, 최대 하중에 도달되어 하중이 감소될 때까지 측정하고, 온도조절장치에서 공시체를 꺼내어 최대 하중을 측정할 때까지의 시험에 소요된 시간은 30초 이내이어야 한다.

인장강도 S_T 는 최대 하중 값을 이용하여 다음과 같이 계산한다.

$$S_T = \frac{2P}{\pi Dh}$$

여기에서, S_T = 간접인장강도(kgf/cm²)

P = 공시체 파괴하중(kgf)

D = 공시체 직경(cm)

h = 공시체 높이(cm)

2.2.3 인장강도비(TSR) 시험

인장강도비 시험은 수분에 대한 아스팔트 혼합물의 내구성을 측정하는 방법으로서, 건조 상태에서의 아스팔트 혼합물의 간접인장강도와 수분 포화 후의 간접 인장강도의 비로서 구할 수 있다.

2.2.4 휠트랙킹 시험(동적 안정도)

회전하는 차륜에 의해 재하 되는 포장체의 응력 상태를 상대 비교는 방법으로 주로 아스팔트 포장의 거동상태를 조사하기 위해 주로 적용되고 있다.

휠트랙킹 시험은 우리나라에서는 국내기후를 고려하여 60℃로 가열하면서 시험한다.

합성입도에 따라 표준 합성입도골재 혼합물을 준비하고, 채움재와 함께 골재는 105~110℃에서 항량이 될 때까지 건조시킨다.

아스팔트의 동점도가 180±20cst 때의 온도를 혼합온도로 하고, 아스팔트의 동점도가 300±30cst 때의 온도를 다짐온도로 한다.

골재의 온도를 혼합온도보다 10~20℃ 높게 가열하고, 각 조건 별로 계량된 아스팔트를 비율별로 투입한 후 골재가 완전히 피복 될 때까지 혼합한다.

1번의 길이가 300mm의 정사각형으로 두께 50mm의 공시체를 다질 수 있는 철재 및 알루미늄재 몰드를 준비하고, 혼합물을 몰드에 넣고, 몰드 돌레를 흙손(spatula)으로 다져 주고 중앙이 솟아오르도록 가볍게 정형하고, 로울러 콤팩터(roller compactor)를 사용하여 다짐하중 900kg으로 하고 마찰 안정도에서 구해진 기준밀도의 100±1%의 다짐도가 되도록 하고 몰드채로 실온에서 12시간이상 양생(방치)한다.

탈형 후 치수 및 밀도를 측정한다.

공시체는 시험용 거푸집에 넣고 고정시키고 공시체 표면의 온도가 60±0.5℃가 되도록 한 후 시험륜을 직진 주행시킨다.

휠트랙킹 시험결과는 변형량(침하량) - 시간(또는 재하회수) 관계 곡선에서 변형량 증가율이 거의 일정하게 되는 45분에서 60분까지의 15분간 주행의 변형량을 취하여 이것을 변형율 (RD, Rate of Deformation, mm/min)로 나타내며, 1mm 변형하는데 소요되는 차륜의 통과회수로 나타낸 것을 동적안정도(DS, Dynamic Stability, 회/min)라고 한다.

2.3 아스팔트 포장 현장실험

본 연구에서 개발된 채움재의 현장 적용시 효과검증을 위하여 제조된 채움재와 기존 석회석 채움재를 사용하여 각각 표층 현장 시공시험을 실시하였으며, 현장실험 조건은 Table 4와 같다.

Fig. 3은 Table 4의 조건으로 개발된 채움재와 기존 석회석 채움재를 사용한 아스팔트 포장 시공 현장을 나타낸 것이다.

그리고 본 연구에 의하여 개발된 채움재와 기존 석회석 채움재의 현장시공 과정에서 아스팔트 혼합물에 대하여 시료를 채취하여 아스팔트 혼합물의 실내실험(동적안정도, 마찰 안정도, 흐름값, 인

Table 4. History of Asphalt concrete construction site

Process	Items
Experimental conditions	<ul style="list-style-type: none"> Asphalt and aggregate with the same lot. were used Experimental factor: filler type (limestone, the developed filler)
Construction area	<ul style="list-style-type: none"> Limestone filler: 529m² The developed filler: 529m²
Construction place	<ul style="list-style-type: none"> Geumbyeong-ro Bugang-myeon Sejong city Purpose of construction site: parking lot
Contractors	<ul style="list-style-type: none"> J company (geumsan county, south chungcheong province)
Construction history	<ul style="list-style-type: none"> Roadbed: soil bed Filler ratio: 1.5% Asphalt-concrete pavement construction <ul style="list-style-type: none"> Base layer: thickness 10cm / aggregate 25mm Top layer: thickness 5cm / aggregate 13mm



Fig. 3. Asphalt concrete field test

장강도비(TSR), 공극률, 포화도, 간극률(VMA)을 실시하고, 현장 시공 아스팔트 포장에 대해서 코어시료를 채취하여 밀도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 채움재용 원료 특성

본 실험에 사용한 원료의 레이저 입도분석에 의한 입도분포를

Fig. 4에 나타냈다.

현재 사용되고 있는 석회석 채움재의 평균입경(D₅₀)은 41.8μm이며, 각 재료의 D₅₀은 fly ash(PCC) 69.8μm, fly ash(CFBC) 76.1μm, 탈황석고 34.1μm이며, 각 재료의 최대 입자크기는 모두 200μm 이하로서 채움재의 KS 규격인 600μm 이하 분포를 보이고 있다.

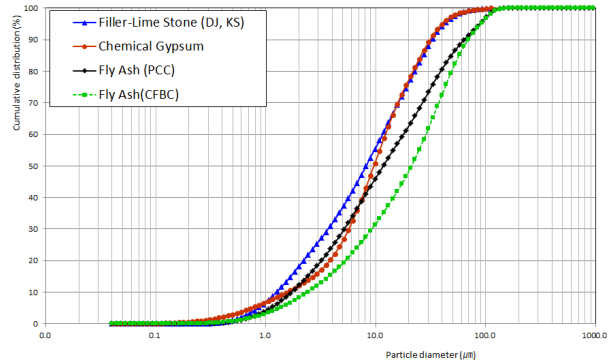


Fig. 4. Particle size distribution of powder

각 원료의 광물상은 기존 석회석 채움재는 quartz, dolomite, muscovite로 구성되어 있으며, 미분탄 연소로에서 발생하는 fly ash는 고열에 의한 용융현상과 급냉으로 인하여 구상을 가지며, 석회석이 투입되지 않음으로 인하여 Ca 광물상은 나타나지 않으며 대부분 mullite, quartz로 구성되어 있다.

그리고 유동층 보일러에서 발생하는 fly ash와 탈황석고는 동일한 유동층 방식의 연소방식이며, 연소온도가 미분탄 연소로 보다 낮으므로 Fig. 5의 XRD Pattern에서 나타나는 바와 같이 미반응 석회석(calcite), 생석회, 무수석고 등이 존재하며 Fig. 1의 (b), (c)와 같이 불규칙한 형상을 하고 있다.

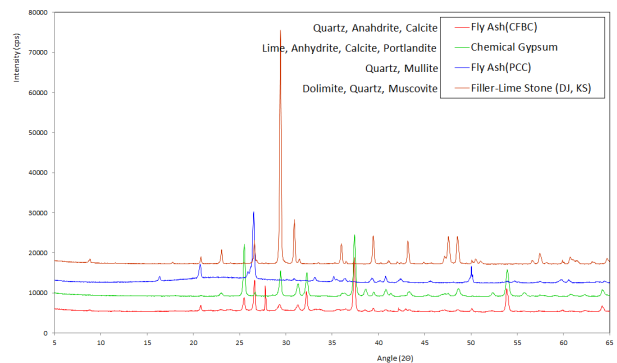


Fig. 5. XRD pattern of powder

3.2 아스팔트 혼합물 실내시험

석회석 채움재와 본 연구에 의한 개발된 채움재를 사용한 아스팔트 혼합물의 동적안정도, 마찰 안정도, 흐름값, 공극률, 인장강도비(TSR)의 값을 Table 5에 나타내었다.

마찰 안정도와 간극률, 인장강도비는 기존 석회석 채움재에 비해서 약간 높은 값을 나타내고 있으며, 모두 가열 아스팔트 혼합물의 기준을 만족하고 있다. 동적 안정도에서는 기존 석회석 채움재를 사용한 경우보다 본 연구에 의한 혼합 채움재의 값이 약 47% 높게 나타나고 있다.

동적안정도는 1mm 변형하는데 소요되는 차륜의 통과회수로 나타낸 것으로 기존 석회석 채움재를 사용한 아스팔트 포장에서 보다 아스팔트 내구성이 양호함을 나타낸다.

Table 5. The characteristics of mixed aggregates which contain limestone and mixed powder(Lab. test)

	Standard	Filler (mixed powder)	Filler (lime stone)
Dynamic stability (time/mm)	More than 750	4,485	3,052
Marshall stability (N)	More than 5,000	11,946	11,911
Flow value (1/100cm)	20~40	35	34
Porosity (%)	3~6	5	5
Saturation (%)	65~80	72	70
VMA (%)	15.0	17.2	17.5
TSR	More than 0.75	0.87	0.84

3.3 채움재 현장 시공시험

석회석 채움재와 본 연구에 의한 채움재의 현장 시공시 특성비교를 위해 각각 520m²의 면적에 대해서 아스팔트 포장을

실시하였다. 이때 기존 석회석 채움재를 사용한 아스팔트 혼합물과 본 연구에서 개발된 혼합 채움재를 사용한 아스팔트 혼합물 시료를 채취하여 실내시험에서와 같이 동적안정도, 마찰 안정도, 흐름값, 공극률, 포화도, 간극률, 인장강도비를 측정하여 Table 6에 나타내었다.

아스팔트 혼합물의 측정값은 모두 가열 아스팔트 혼합물의 기준을 만족하고 있으나, 동적 안정도는 아스팔트 혼합물의 Lab. Test 결과보다는 낮은 값을 나타내고 있으나, 기존 석회석 채움재

Table 6. The characteristics of mixed aggregates which contain limestone and mixed powder(Mock-up test)

Items	Standard	Filler (mixed powder)	Filler (lime stone)
Dynamic stability (time/mm)	More than 750	3,210	2,639
Marshall stability (N)	More than 5,000	13,375	12,860
Flow value (1/100cm)	20~40	36	44
Porosity (%)	3~6	7	7
Saturation (%)	65~80	66	65
VMA (%)	15.0	19.4	19.6
TSR	More than 0.75	0.86	0.83

를 사용한 아스팔트 혼합물의 경우보다 약 21% 높은 값을 보이고 있다. 그리고 마찰 안정도, 인장강도비 등 주요 물성값이 약간 높은 값을 보이고 있다.

그리고 아스팔트 포장 완료 후 1일 지난 후 아스팔트 포장면에서 코어시료를 채취하여 밀도를 측정하였다. Fig. 6(a)는 개발된 혼합 채움재를 사용한 아스팔트 포장에서 채취한 코어시료이며, (b)는 기존 석회석 채움재를 사용한 아스팔트 포장면에서 채취한 코어시료를 나타낸 것으로, 이들 각각 시료의 밀도를 측정하여 Table 7에 나타낸 것이다.

Mock-up 시공 아스팔트 혼합물의 실내시험결과 제조된 공시체의 기공률은 목표 공극률(4%)을 상회하는 결과(7%)를 보였으나, 최적 배합설계를 통해 보다 향상된 아스팔트 혼합물의 특성을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

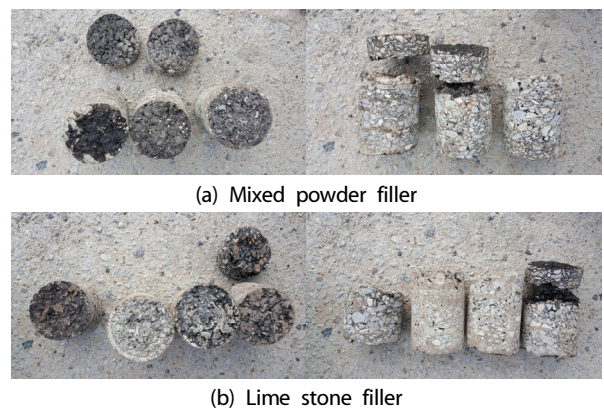


Fig. 6. Core specimen of asphalt pavement

Table 7. The density mixed aggregates which contain limestone and mixed powder(Mock-up Test)

Items	Standard	Filler (mixed powder)	Filler (lime stone)
Density	-	2.26~2.36	2.22~2.26

그리고 1일 경과된 아스팔트 포장면에서 채취한 코어시료 밀도는 기존 석회석 채움재를 사용한 아스팔트 포장보다 개발된 혼합 채움재를 사용한 아스팔트 포장이 약간의 밀도 증가값을 보이고 있다. 이것은 기존 석회석 채움재를 사용한 경우보다 다짐성이 다소 향상된 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 미분탄 보일러와 유동층 보일러에서 발생하는 플라이애시, 그리고 배연탈황공정에서 발생하는 탈황석고 등의 혼합에 의해 아스팔트 포장용 채움재를 제조하고 석회석 채움재와 특성을 비교하였다. 또한 현장 시공을 통해 아스팔트 포장에 사용할 때 아스팔트 포장의 특성을 비교하여 실용 가능성을 검토하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 아스팔트 포장용 채움재로 사용할 수 있는 재료는 KS F 3501에 규정되어 있으나, 각 재료 단독으로는 KS 채움재 규격을 만족시키지 못하는 경우가 있으며, 이들 재료의 적정 혼합 공정을 통해 KS 규격을 만족하는 채움재를 제조할 수 있어 산업부산물의 활용도를 높일 수 있다.
2. 배연탈황공정의 탈황석고 단독으로는 아스팔트 포장용 채움재로서 사용이 부적합하며, 플라이애시(PCC, CFBC)와 혼합을 통해 KS 규격을 만족시킬 수 있다.
3. 개발된 혼합 채움재는 기존 석회석 채움재 보다 동적안정도, 마찰 안정도에서 우수한 성능을 나타내고 있으며, 이러한 영향은 미분탄 보일러의 플라이애시의 구형 입자에 의한 충전성 향상, ball bearing 효과의 영향으로 사료된다.
4. 혼합 채움재를 기존 석회석 채움재와 동일한 조건에서 아스팔트 혼합물을 제조하여 실내실험과 현장시공 후 아스팔트 혼합물의 특성 평가 결과 기존 석회석 채움재보다 동적안정도, 마찰 안정도에서 우수한 결과를 얻었다.
5. 본 연구에서는 석탄회 플라이애시, 유동층 연소로 플라이애시, 탈황석고, 슬래그를 혼합하여 제조된 아스팔트 포장용 채움재를 기존 석회석 채움재와 동일조건에서 실내실험과 mock-up

test 결과 기존 석회석 채움재와 동등 이상의 성능을 나타냈으며, 각 원료의 최적 배합비 선정기준을 마련함으로써 기존 석회석 채움재를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 『공공기관연계 지역산업 육성사업』의 지원으로 수행되었습니다.

References

Hwang, S.D., Park, H.M. (2005). A study on engineering characteristics of asphalt concrete mixture using filler with recycled waste lime, *Journal of Korean Society of Road Engineers*, **7(3)**, 71–78.

Jeong, J.S., Song, G.Y., Ahn, J.H., Kim, T.H. (2007). Utilization of stone sludges produced by stone manufacturing process as asphalt concrete filler, *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, **27(4)**, 457–464 [in Korean].

Kim, J.W. (1993). An experimental study on properties of electric arc furnace dust for mineral filler of asphalt concrete, *Journal of Korea Concrete Institute*, **5(3)**, 161–168 [in Korean].

KS F 2337 Standard Test Methods for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus [in Korean].

KS F 3501 Filler for Hot Mix Asphalt Pavement [in Korean].

Kuh, S.E., Hwang, K.J., Kim, D.S., Kim, J.S. (2000). Study on the employment of waste garnet fines as asphalt concrete filler, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, **22(9)**, 1555–1567 [in Korean].

Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Production and Construction of the Asphalt Concrete Pavement Quality Inspection Handbook, (2013) [in Korean].

Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Road Construction Standard Specification [in Korean].

National Center for Asphalt technology(NCAT), Asphalt Pavement Engineering Principles, *International Journal of Highway Engineering* [in Korean].

SPS-KAI0002-F2349-5687 Hot Asphalt Mixture [in Korean].

산업부산물을 활용한 아스팔트 포장용 채움재 개발 및 현장시공 성능평가 연구

국내 화력발전소의 추가 증설과 관련하여 발생 부산물의 신규 사용처 연구가 필요한 실정이다. 본 연구에서는 화력발전소에서 발생하는 플라이애시와 열병합발전소에서 발생하는 열병합애시, 배연탈황공정에서 발생하는 탈황석고 등 부산물로부터 아스팔트 포장용 채움재의 KS 규격을 만족하는 채움재를 제조하였다. 제조된 혼합 채움재와 기존 석회석 채움재의 특성을 비교하고, 각각의 채움재를 사용하여 아스팔트 혼합물을 제조하는 실내실험을 통해 특성을 비교하였다. 또한 혼합 채움재와 석회석 채움재를 사용하여 아스팔트 포장 현장실험을 실시하였다. 현장실험에 사용된 아스팔트 혼합물에 대해서 실내실험과 동일하게 동적안정도, 마찰안정도, 인장강도비, 포화도, 간극률, 흐름값을 평가하였다. 실내실험 및 현장시공시험 결과 기존 석회석 채움재를 사용한 경우보다 동적안정도 및 마찰안정도, 인장강도비에서 우수한 특성을 나타내었으며, 배합설계의 최적화를 통해 기존 석회석 채움재의 특성을 만족시키는 채움재 개발 가능성을 확인하였다.