공학석사 학위논문

폐아스콘 재활용을 위한 재생첨가제 제조 및 재생아스콘의 품질평가

2002년 2월

부경대학교 대학원

토목공학과

장 준 명

공학석사 학위논문

폐아스콘 재활용을 위한 재생첨가제 제조 및 재생아스콘의 품질평가

지도교수 정 두 회

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함

2002년 2월

부경대학교 대학원

토목공학과

장 준 명

장준명의 공학석사 학위논문을 인준함

2001년 12월 26일

주 심 공학박사 김 명 식 (인)

위원 공학박사 이 종 출 (인)

위원 공학박사 정 두 회 (인)

<차례>

<표차례>

<그림차례>

Manufacture of Rejuvenators for Recycling Old Asphalts and Quality Evaluation of Recycled Asphalt concrete

Jun-Myung Jang

Department of Civil Engineering, Graduate School,

Pukyong National University

ABSTRACT

A recycling agent has been manufactured based on the analyses of the variation in the chemical composition of reclaimed asphalt binders and virgin asphalt binders. The chemical compositions of reclaimed asphalt binders extracted from aged reclaimed asphalt pavement have been analyzed by using the ASTM method and their compositions were compared to those of virgin asphalt binder AP-3. Reclaimed asphalt binders showed that the amount of asphaltenes was increased whereas the amounts of saturates, naphthene aromatics, and polar aromatics fractions were decreased. A recycling agent using aromatics, its chemical composition is similar to the aromatics fraction in asphalt binders, has been produced to reduce the amount of asphaltenes in reclaimed asphalt binders. The evaluation of the recycling agents A and B produced in the study was performed in terms of ductility, rolling and ball softening point, and penetration at 25℃. Adding the recycling agent A-20% and B-15% by weight to the reclaimed asphalt binders, the physical properties of reclaimed asphalt binders can be recovered to the level of virgin asphalt binder AP-3. Recycled asphalt concrete specimens were made of reclaimed asphalt concrete, rejuvenator, and raw materials. Proportions of raw materials in the recycled asphalt concrete were 30, 50, 70 ,100% by the total weight of mixtures. The quality evaluation was performed on the recycled mixtures by the Marshall test. The Marshall stability of the recycled mixtures was appeared to be much greater than the strength criterion specified in KS F 2349. In addition, asphalt content, voids, and flow value also meets the requirements in KS F 2349.

Keywords : Reclaimed asphalt pavement, Reclaimed asphalt binder, Rejuvenator, Penetration, Ductility, Rolling and ball softening point, Marshall test, Flow, Asphalt content.

제 1장 서론

폐아스콘의 재활용에 대한 아이디어는 1915년경에 최초로 발단이 되었으나, 오일쇼크 이 후 아스팔트 가격이 상승하여 아스팔트 포장공사비가 급격하게 증가한 1970년대 중반부터 구미지역을 중심으로 폐아스콘을 이용한 아스팔트 포장재생공법이 일반화되기 시작하였다.

최근 세계 각 나라에서는 폐아스콘을 이용해서 생산한 재생아스콘을 도로포장에 적극 활용하고 있는 실정이다. 미국은 각 주마다 다소 차이는 있지만 폐아스콘의 활용률은 10% 70%, 캐나다는 20% 50%에 이르고, 유럽지역을 보면 독일의 폐아스콘 재활용률은 60%, 네덜란드 81%, 그리고 덴마크는 재활용률이 100%에 달한다. 우리와 인접한 일본의 경우 폐아스콘 발생량의 50.3%에 달하는 양을 재활용하고 있는 실정이다. 이와 같이, 각 나라들의 재생아스콘 생산에 이용하는 폐아스콘의 활용률은 50%를 훨씬 상회하고 있으며, 현재 우리나라에서도 2000년도에 재생아스콘 생산에 폐아스콘 활용률을 권장 70% 목표로 설정하여 폐아스콘의 재활용을 권장하고 있다.

폐아스콘을 도로포장에 재활용함으로써 얻을 수 있는 이점은 포장공사비 절감과 폐기물 처리비용의 절약 등과 같은 경제적인 측면뿐만 아니라 환경오염을 방지할 수 있고, 신골재의 사용량이 줄어지므로 천연골재자원의 보존에도 기여할 수 있으며, 특히 산유국의 사정으로 인해서 원유의 공급이 원활하지 않은 경우에 대비해서 아스팔트에 대한 수요를 줄일 수 있다.

국내에서도 자원절약과 재활용 촉진에 관한 법률(1992년 12월 8일 법률 제4538호)의 제2조와 제12조, 자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률시행령(1994년 6월 24일 대통령령 제13915호)의 제 5조와 제 22조 그리고 건설 폐자재 배출 사업자의 재활용 지침(환경부 고시 제94-1호, 건설교통부 고시 제94-1호)의 제 3조와 제 7조 등에서 법적 근거를 마련해 놓고 폐아스콘의 재활용을 권장하고 있으나, 국내에서는 폐아스콘의 재활용에 대한 인식 부족과 재생 아스팔트 포장의 성능에 대한 불신감 때문에 폐아스콘의 재활용이 적극적으로 시행되지 않고 있는 실정이다.

재생아스콘의 우수성에 대해 조사하여 보면, 미국 텍사스 교통연구소에서는 1995년 가열혼합재생포장을 할 때 시공성, 공용성, 비용등에 관한 연구를 수행한 결과 재생포장의 공용성은 8 12년간 유지되었음을 보고하였다. 그리고 비교용 신재아스콘 포장도로와 비교하였을 때, 표면을 재생포장한 도로의 공용성지수(PSI : Present Serviceability Index)가 0.5정도 낮았으나 대체적으로 좋은 공용성을 유지하는 것으로 보고하였다. 1995년 미국 조지아주 교통국에서는 일반 아스팔트 포장(비교용)과 비교하여 재활용 도로포장의 성능을 평가하기 위하여 약 4년간 반복하여 재활용 포장을 시공하였다. 포장 후 18 27개월에 걸친 공용성 조사결과를 통계 분석한 결과 두 도로 사이에 특별한 품질상의 차이점이 없음을 확인하였다. 그리고 10개의 비교용과 13개의 재활용 혼합물의 아스팔트 성질을 분석한 결과 점도와 침입도 또한 성능면에서 특이한 차이가 없음을 확인하였다.

폐아스콘을 재활용하는 방법은 상온재생(Cold Recycling), 가열혼합재생(Hot Mix Recycling), 현장가열재생(Hot In-Place Recycling), 현장상온재생(Cold In-Place Recycling)등이 있으며, 이중 가열혼합 재활용(Hot Mix Recycling) 방식이 우리나라의 도로실정에 적합하다. 가열혼합재생방법은 재생아스콘의 품질이 우수하며, 품질관리 및 시공이 용이하고, 기존의 플랜트를 그대로 사용할 수 있으며, 제품의 경제성도 우수하다. 가열혼합재생방법을 이용해서 재생아스콘을 생산하는 과정에서 폐아스콘에 포함된 이미 노화된 아스팔트 바인더의 물리·화학적 특성을 회복시키기 위해서 적정량의 재생첨가제를 사용한다. 따라서 폐아스콘의 효율적인 재활용을 위해서는 폐아스팔트의 화학적인 성상 분석 연구가 필수적으로 선행되어야 하고, 또한 고온혼합용 재생첨가제의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 배경을 바탕으로 폐아스콘으로부터 추출한 폐아스팔트의 주요 성분들에 대한 화학적 특성을 분석하여 폐아스팔트의 기능을 복원시킬 수 있는 재생첨가제를 제조하고, 부산광역시 관내 도로에서 수거한 폐아스콘과 본 연구에서 개발한 재생첨가제를 첨가하여 재생한 재생아스콘에 대한 품질평가를 수행하였다.

제 2 장 연구 방법

2.1 재생첨가제 제조

본 연구에서는 폐아스팔트의 성상을 복원시키기 위한 재생첨가제를 제조하기 위해서 ASTM D 4124의 규정에 의거하여 폐아스팔트와 신제아스팔트의 각 성분 함량을 분석하여 아스팔트 노화 시 변화하는 화학적 성상을 고찰하였다. 그리고 폐아스팔트의 변화된 성상을 복원시킬 수 있는 물질을 선정하여 화학적인 시험을 통하여 재생첨가제를 제조하였다. 제조된 재생첨가제를 폐아스팔트에 첨가하여 폐아스팔트의 복원정도를 침입도(25℃), 신도, 연화점, 점도(60℃)의 네 가지 시험을 수행하여 폐아스팔트의 물성 변화 특성을 고찰하였다. 그림 2.1은 재생첨가제 제조를 위한 흐름도이다.

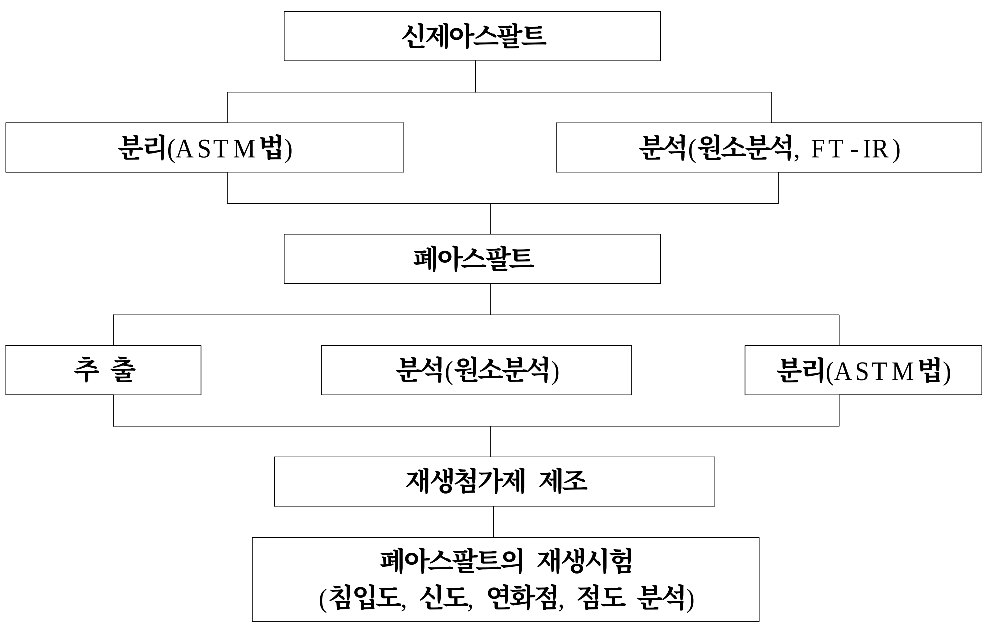


그림 2.1 재생첨가제 제조 흐름도

2.2 재생아스콘의 물리시험

재생아스콘이 표층 및 기층재료에 적합한지 여부를 판단하기 위해서 수거한 폐아스콘에 대해 입도분석 및 아스팔트 함량시험을 실시하였다. 수거한 폐아스콘의 아스팔트 함량에 대한 일정비율의 재생첨가제를 첨가하여 성상을 복원한 후, 신재아스콘과 일정무게비 100, 70, 50, 30, 0%로 혼합하였다. 각 혼합물에 대해 KS F 23377「마샬시험기를 사용한 역청혼합물의 소성 흐름에 대한 저항력시험방법」에 따라 시험을 수행하였다. 마샬시험으로 밀도, 공극률, 흐름값, 안정도를 구하여 KS F 2349 시방규정과 비교·검토하였다. 그림 2.2는 본 연구에서 수행된 물리시험의 흐름도를 나타낸 것이다.

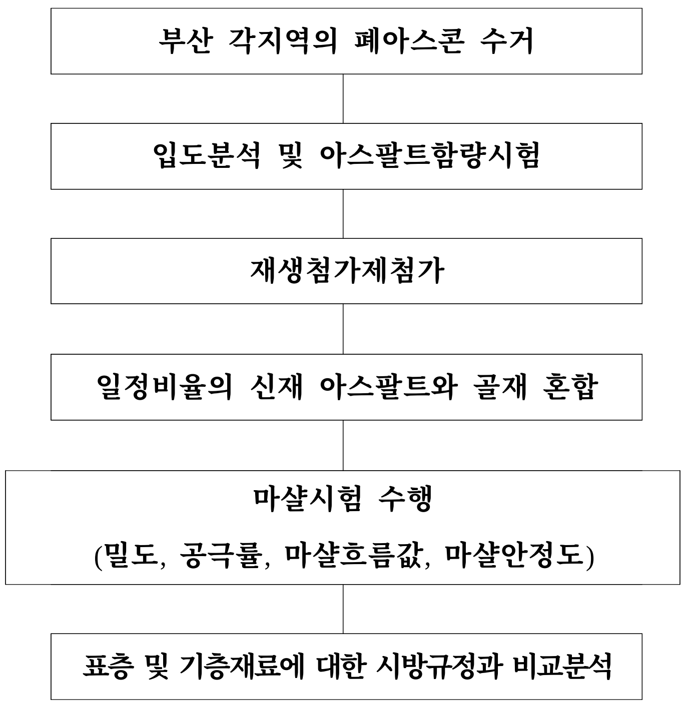


그림 2.2 물리시험 흐름도

제 3 장 재생첨가제 제조

3.1 시험재료

본 연구에서는 부산광역시에 소재한 도로에서 공용기간이 약 10년 정도 경과한 2곳에서 회수한 폐아스콘으로 부터 폐아스팔트(AP-3사용)를 추출하여 시험에 사용하였고, 신제아스팔트는 침입도 85 100의 AP-3를 사용하였다. 그리고, 폐아스팔트 분리 및 추출에 사용한 시약을 삼염화에틸렌(국제화공, 한국), n-Heptane (Duksan, 한국), Toluene (Duksan, 한국), Methanol (Duksan, 한국) 등이고, 거름종이는 Whatman No.2를 사용하였으며, Column의 충진재료는 Alumina (Sigma Chemical Co., Type F-20, 80 200 mesh)를 사용하였다. 재생첨가제 제조에 사용된 원료들은 모두 국내의 한 정유회사에서 생산된 기유를 사용하였다.

3.2 시험방법

3.2.1 신제아스팔트 및 폐아스팔트의 분리

재생첨가제를 제조하기 위해서는 아스팔트 노화 시 변화되는 구성성분들의 고찰이 매우 중요하고, 이러한 고찰을 하기 위해서는 먼저 이들을 성분별로 분리하여 화학적 특성을 파악해야 한다. 본 연구에서는 신제아스팔트 및 폐아스팔트의 분리에 ASTM D 4124의 규정을 이용하였으며, 보통 아스팔트를 구성하고 있는 화합물을 정확히 분리하는 것은 거의 불가능하므로, 그 구성성분을 몇 개의 그룹으로 나누어 각 그룹의 특징을 조사하여 아스팔트의 화학적 성질을 파악하였다. ASTM에서는 아스팔트를 크게 아스팔텐(Asphaltenes), 포화탄화수소유분(Saturates Fraction), 나프텐-아로마틱유분(Naphthene Aromatics Fraction) 및 극성아로마틱유분(Polar Aromatics Fraction)의 네 부분으로 나눈다. 아스팔텐은 n-Heptane에 용출되지 않고 침전하는 불용성 성분으로 산소, 질소 및 황을 가장 많이 포함하고 있는 검은색의 고체이다. 포화탄화수소유분은 활성 알루미나를 채운 컬럼에서 n-Heptane을 용리액으로 사용했을 때 흡착되지 않고 가장 먼저 분리되어 나오는 투명한 액상의 물질이다. 나프텐아로마

틱유분은 n-Heptane의 용리 시 알루미나에 흡착 후 Toluene 용리액에 의해 분리되어 나오는 노란색의 액상물질이다. 그리고 극성아로마틱유분은 나프텐아로마틱유분이 분리된 후 Tolune과 삼염화에틸렌의 혼합 용리액에 의해 분리되어 나오는 검은색의 고체이다. 실험 방법은 3 5g의 신제아스팔트를 삼각플라스크에 넣고 1g당 100mL의 n-Hepatane을 넣은 뒤 80℃로 물중탕하여 30분간 교반을 시키고 24시간 방치한다. 이 액을 감압 여과하여 아스팔텐을 분리하고, 여과액은 회전식진공증발기(Rotary Evaporator)를 이용하여 50mL정도로 만든 뒤 350℃에서 3시간 말린 F-20 Alumina를 채운 3.1×100cm 칼럼에 옮긴 뒤 표 3.1과 같은 순서로 용리액을 5±1mL/min의 속도로 떨어뜨려 세 가지의 Fraction으로 회수하여 용매를 증발시키고 무게를 측정한다.

표 3.1 용리액 순서

Column Feed Volumes		Fractions Received on Tared Containers	
Eluant Solvent	mL	Eluate Fraction	mL
n-Heptane Toluene	200 100	Saturates	300
Toluene Methanol/Toluene(50/50)	300 300	Naphthenic Aromatics	600
Trichloroethylene Column hold-up	600	Polar Aromatics	600

3.2.2 폐아스팔트의 추출

폐아스팔트를 폐아스콘에서부터 추출하기 위해 2가지의 폐아스콘 1kg을 각각 취하고, 이들의 수분제거를 하기 위해 100℃에서 1시간 이상 가열을 한다. 실온에서 식히고, 이 폐아스콘에 삼염화에틸렌 1L를 가한다. 10분마다 저어주면서 한 시간 이상 담궈둔 후, 상층의 액을 따라내고 따라낸 액을 부유물이나 흙이 가라앉도록 하루동안 방치한다. 가라앉은 침전물을 제거하면서 상층의 액을 따라내고, 이 액을 감압 여과한다.

여과된 액을 다시 하루 동안 방치하여 침전물이 가라앉는지 확인한 후 침전물이 가라앉으면 위와 같은 방법으로 그 침전물을 제거한다. 그 여과된 액을 회전식진공증발기를 이용하여 삼염화에틸렌을 제거하여 폐아스팔트를 추출한다.

3.2.3 재생첨가제의 제조기준

ASTM D 4552-92 규정의 재생첨가제에 대한 규격은 포화탄화수소의 함량을 중량비로 30% 이하로 제한하고 있다. 이는 재생첨가제의 방향족 유분 함량을 70% 이상으로 요구하는 것과 같다. 본 연구에서 제조한 재생첨가제는 ASTM D 4552-92의 규정을 기준으로 하였다.

3.3 ASTM법에 의한 성분분석

국내 정유회사에서 생산된 신재 아스팔트인 AP-3와 두 종류의 폐아스팔트 시료(폐아스팔트A, 폐아스팔트 B)를 아스팔텐, 포화탄화수소유분, 나프텐-아로마틱유분, 극성아로마틱유분의 네 가지 성분으로 분리하여 성분비를 구한 결과를 그림 3.1에 나타내었다.

그림 3.1에서 보듯이 폐아스팔트 A와 B는 그 구성비가 유사하고, 아스팔텐의 비율이 AP-3가 14.6%인데 비해 폐아스팔트의 경우에는 폐아스팔트 A가 50.1%, 폐아스팔트 B가 53.4%로 AP-3에 비하여 3배정도 높은 값을 나타내었다. 반면에 포화탄화수소유분의 경우에는 AP-3가 10.2%이고, 폐아스팔트 A는 4.4%, 폐아스팔트 B는 5.36%로서 폐아스팔트가 약 5% 적은 비율을 나타냈다. 그리고 나프텐-아로마틱유분의 경우에도 AP-3는 48.2%, 폐아스팔트 A는 33.1%, 폐아스팔트 B는 32.5%로서 AP-3가 15%정도 많았다. 또한 극성아로마틱유분에서도 AP-3가 29.4%인데 비해 폐아스팔트 A가 11.43%, 폐아스팔트 B가 11.44%로 18%정도 차이가 났다. 이와 같은 조성의 차이는 물리적 성질이 변하는 것을 의미한다. 특히 다른 세 가지 성분의 차이보다는 AP-3와 폐아스팔트간의 아스팔텐의 비율에서 큰 차이가 나는 것은 노화에 의해 아스팔트의 물성이 변화되는 중요한 이유가 된다.

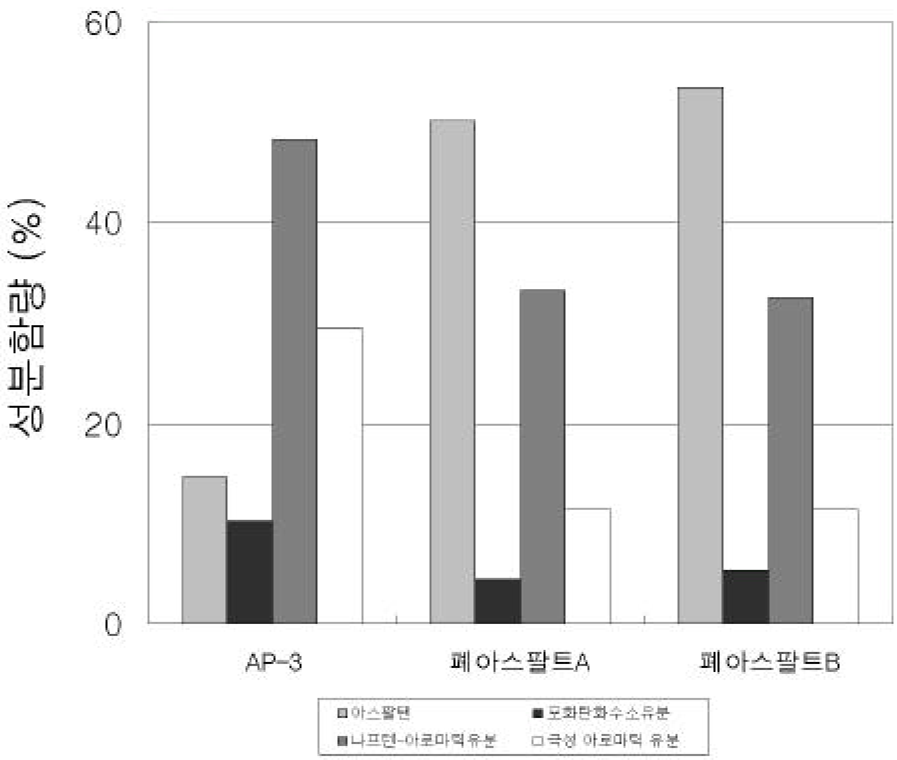


그림 3.1. ASTM법에 의한 성분함량 분석결과

3.4 원소분석

그림 3.1에 나타낸 분석결과와 같이 아스팔트의 노화가 진행되면 아스팔텐의 함량이 급격하게 증가하고 나프텐-아로마틱유분 및 극성아로마틱유분의 함량이 줄어드는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 결국 아스팔트의 노화가 진행되면 아스팔트의 성분과 전혀 다른 성분의 물질이 새로 생성되는 것보다는 노화의 대부분이 나프텐-아로마틱유분 및 극성아로마틱유분으로부터 아스팔텐으로 변한다. 예를 들면 ABCD의 네 가지 성분 중 B, C성분이 줄고 A성분이 증가하므로 이를 원래 성분으로 재생하기 위해서는 B와 C성분을 적당히 보충해서 원래의 ABCD와 유사한 성분비로 복원하는 데 본 연구의 초점을 맞추었다. 그러므로 폐아스팔트의 재생은 나프텐-아로마틱유분 및 극

성아로마틱유분의 보충이 관건이다. 즉 재생첨가제를 제조하기 위해서는 아스팔트에 포함된 나프텐-아로마틱유분 및 극성아로마틱유분과 유사한 화학적 조성을 갖는 값싼 물질을 찾아내는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 생산에 사용되는 아스팔트가 원유로부터 추출된 물질임에 착안하여 아스팔트가 추출되는 바로 전 단계에서 얻어져 기유로 사용되는 나프텐기유와 아로마틱기유를 재생첨가제의 제조에 사용할 원료로 선정하였다. 물론 이들 물질에는 비슷한 성질의 물질들이 많이 혼재되어 있어 각각의 물질들로 분리해내기가 거의 불가능하므로 화학적으로 구조를 분석하기보다는 구성하고 있는 원소의 비율에 초점을 맞춰 분석을 하였다. 그림 3.2는 국내 정유회사에서 생산되고 값이 비교적 저렴한 나프텐기유와 아로마틱기유, 그리고 아스팔트로부터 분리한 나프텐-아로마틱유분과 극성아로마틱유분의 성분원소를 비교한 그래프이다.

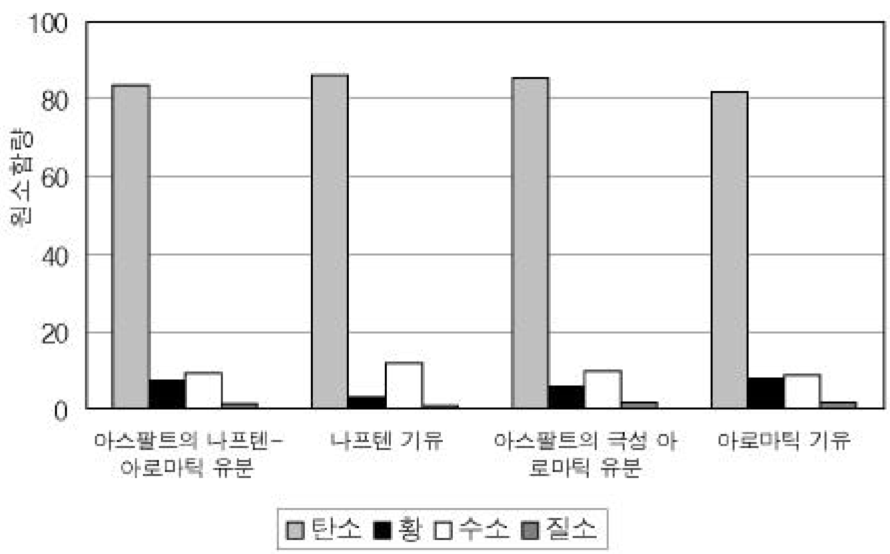


그림 3.2 원소분석

그림 3.2에서 알 수 있듯이 나프텐-아로마틱유분과 나프텐기유를 비교했을 때, 무게비로 탄소가 각각 83.7% 86.3%로 가장 많았고, 그 다음으로 수소, 황, 질소 순으로 각

각 9.1% 11.8%, 7.3% 3.2%, 1.3% 0.9%의 성분비를 나타냈다. 그리고 극성아로마틱유분과 아로마틱기유를 비교했을 때 무게 비로 탄소가 각각 85.4% 82.9%로 가장 많았고, 그 다음으로 수소, 황, 질소 순으로 각각 9.9% 8.9%, 5.7% 7.8%, 2.0% 2.0%의 성분비를 나타냈다. 이러한 실험결과로부터 본 연구에서 사용한 나프텐기유 및 아로마틱기유가 재생첨가제의 제조에 가장 중요한 역할을 하는 나프텐-아로마틱유분 및 극성아로마틱유분의 화학적 조성과 아주 유사함을 알 수 있다

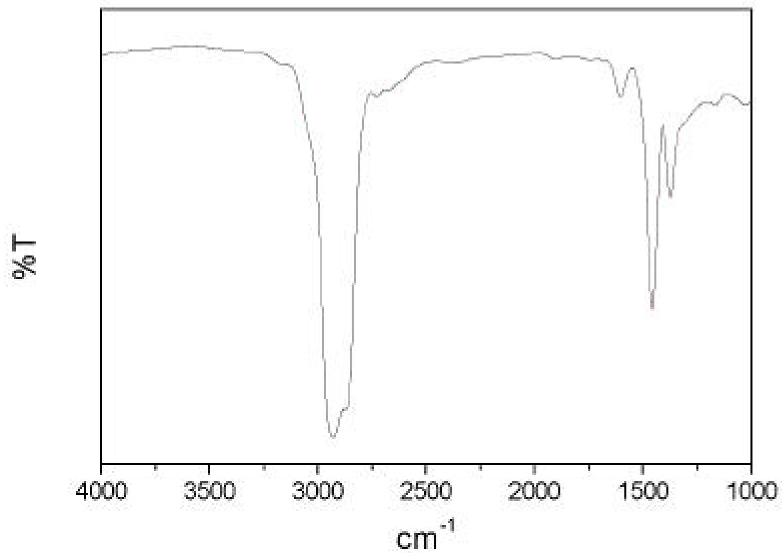
3.5 후리에전환 적외선분광(FT-IR) 분석

그림 3.3과 그림 3.4는 나프텐-아로마틱유분과 아로마틱기유의 후리에전환(Fourier Transform) 적외선 스펙트럼으로 탄소, 수소, 황, 질소들이 어떤 화학적 결합으로 이루어져 있는 지를 알 수 있다.

이들 스펙트럼에서 2600 3000 cm^{-1}의 peak가 나타나는 것으로 보아 C-C 단일결합에 붙어 있는 C-H 결합이 존재하고, 1600 cm^{-1} 근처의 peak는 C=C 결합에 의해, 3100 cm^{-1} 근처의 peak는 C=C에 붙은 C-H 결합에 의해 나타나는 것으로 보인다. 그림 3.3과 그림 3.4에 나타나는 peak의 크기는 차이가 나지만 위치는 거의 일치하고 있다. 즉 본 연구의 재생첨가제 제조에 사용한 아로마틱기유와 아스팔트에서 분리한 나프텐-아로마틱유분의 화학적 구조가 거의 유사함을 알 수 있다.

3.6 재생첨가제 제조

본 연구에서 아스팔트 재생첨가제는 폐아스팔트와 혼합 시 아스팔트를 보다 묽게 하여 점도 및 침입도를 회복시키는 작용을 한다. 성상복원을 위한 재생첨가제의 제조는 각 성분의 재생첨가제A, 재생첨가제B로 하여 표 3.2와 같은 조성으로 아스팔트(AP-3인 경우), 파라핀 기유, 아로마틱기유, 나프텐기유를 섞어 80℃에서 1시간동안 교반을 하여 제조하였다. 제조에 사용된 파라핀기유, 아로마틱기유, 나프텐기유의 물리·화학적 성질은 표 3.3에서 나타내었다.


%T
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
cm^{-1}

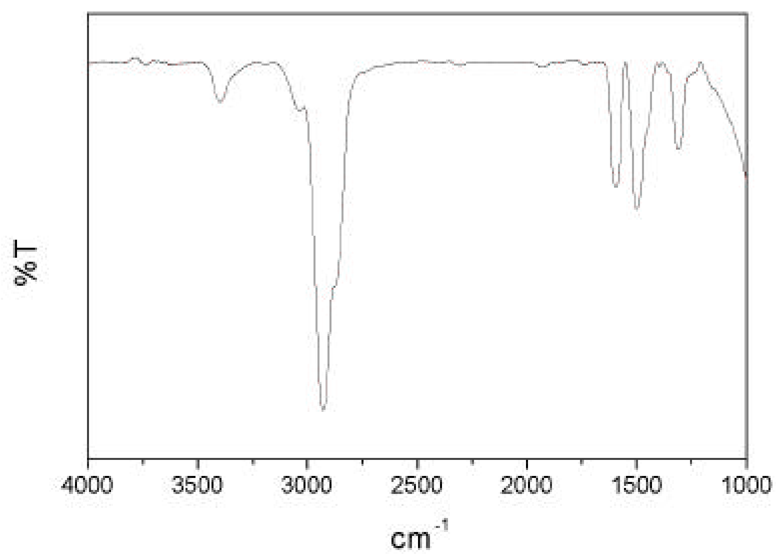

%T
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
cm^{-1}

표 3.2 재생첨가제 성분구성

구성요소	재생첨가제(A)	재생첨가제(B)
아스팔트 (AP-3)	14%	0
파라핀 기유	8%	12%
아로마틱 기유	56%	50%
나프텐 기유	22%	38%

표 3.3 재생첨가제 원료의 물성

물성 \ 종류		파라핀기유	나프텐기유	아로마틱기유	준수규정
비 중 (Specific Gravity) @4℃		0.8709	0.9217	1.0189	KS M 2002
인화점 (Flash Point) COC ℃		254	182	254	KS M 2012
동점도 (Kinematic Viscosity)	40℃ cSt	75.06	57.02	878.7	KS M 2014
	100℃ cSt	9.330	6.314	22.86	
점도 지수 (Viscosity Index)		100	29	-73	KS M 2014
유동점 (Poir Point)		-15.0	-32.5	+7.5	KS M 2016
아닐린점 (Aniline Point) ℃		120.3	77.0	31.0	KS M 2053
굴절률 (Refractive Index) $D^{20}{}_{n}$		1.4772	1.4918	1.5728	KS M 0005
점도 비중항수		0.8012	0.8726	0.9763	KS M 2040
굴절율절편 (Refractive Intercept)		1.0434	1.0325	1.0649	KS M 2040
탄화수소조성 % (Hydrocarbon Type)	Ca	0.0	19.0	42.8	KS M 2040
	Cn	33.1	34.2	41.1	
	Cp	66.9	46.8	16.1	

3.7 재생된 폐아스팔트의 성분분석

표 3.4는 본 연구에서 제조한 재생첨가제(A)를 폐아스팔트에 첨가했을 때 그 조성변화를 고찰한 것이다. 폐아스팔트에서 50% 정도이던 아스팔텐 양은 재생첨가제(A)를

10% 첨가했을 때 29.7%로 줄어들었고, 20% 넣었을 때는 19.4%로 줄어 거의 AP-3와 유사한 아스팔텐의 양을 확인할 수 있었다. 그리고 폐아스팔트의경우 5% 정도이던 포화탄화수소유분은 재생첨가제(A)를 10% 첨가하였을 때 8.4%, 20%를 첨가했을 때 9.7%가 되었다. 나프텐-아로마틱유분의 경우 폐아스팔트에서는 33% 정도였는데 재생첨가제(A)를 10% 넣었을 때 39.5%, 20%를 넣었을 때 43.4%로 증가하였고, 극성아로마틱유분도 폐아스팔트에서는 1.4%이었으나 재생첨가제(A) 10%를 넣었을 때 22.6%, 20%를 넣었을 때 26.3%로 증가하는 것을 알 수 있다.

표 3.4 폐아스팔트의 재생 후 성분분석

구성성분	시료1	시료2	시료3	시료4
아스팔텐	50.1%	29.7%	19.4%	14.6%
포화탄화수소유분	4.4%	8.4%	9.7%	10.2%
나프텐-아로마틱유분	33.1%	39.5%	43.4%	48.2%
극성아로마틱유분	11.4%	22.6%	26.3%	29.4%

시료1 : 폐아스팔트 시료2 : 재생첨가제(10%)+폐아스팔트
시료3 : 재생첨가제(20%) + 폐아스팔트 시료4 : AP-3

이것은 재생첨가제(A)를 20% 첨가하였을 때 폐아스팔트가 AP-3와 유사한 성분비로 복원되는 것을 확인할 수 있다. 재생첨가제(B)에 대해서는 폐아스팔트를 재생 후 성분분석을 하지 못하였으나, 폐아스팔트에 무게비 5%, 15%로 첨가하여 침입도, 신도, 연화점, 점도시험을 재생첨가제(A)와 같이 수행하였다.

3.8 폐아스팔트의 재생시험

폐아스팔트의 재생시험은 본 연구에서 제조한 재생첨가제(A, B)가 폐아스팔트의 성상을 회복시키는 능력이 있는 지의 여부를 평가하는 데 주목적이 있다. 재생첨가제(A, B)의 폐아스팔트에 대한 성상 복원 능력에 대한 시험을 침입도, 신도, 연화점, 점도에 대하여 실시하여 그림 3.5 그림 3.7과 표 3.5와 같이 나타내었다.

각 실험은 기준이 되는 AP-3와 폐아스콘으로부터 추출하여 얻어낸 폐아스팔트와 그 폐아스팔트에 재생첨가제(A)를 무게 비로 10%, 20%로 재생첨가제(B)는 무게비로 5%, 15%로 첨가하여 물성을 비교 검토하였다.

그림 3.5는 재생첨가제(A, B)를 폐아스팔트에 첨가했을 때 침입도의 변화를 고찰하였다. 이 그림에서 알 수 있듯이 침입도가 17인 폐아스팔트에 제조한 재생첨가제(A)를 10% 첨가하였을 때 침입도가 43, 20% 첨가하였을 때는 침입도가 80으로 20%를 첨가하였을 때는 침입도가 AP-3에 근접하였고, 재생첨가제(B)는 5% 첨가하였을 때 침입도가 68로 15%첨가하였을 때는 AP-3의 침입도를 상회하였다.

그림 3.6과 그림 3.7은 각각 25℃에서 실시한 신도시험 결과를 비교한 것이다. 그림 3.6에 나타낸 바와 같이 25℃의 신도시험에서 폐아스팔트의 신도는 43cm였고, 재생첨가제(A)를 10% 첨가한 경우에는 98cm, 20% 첨가한 경우에는 150cm이상, 재생첨가제(B)는 5%, 15%첨가하였을 때, AP-3의 신도와 비교여 아스팔트의 성상이 복원 된 것을 확인하

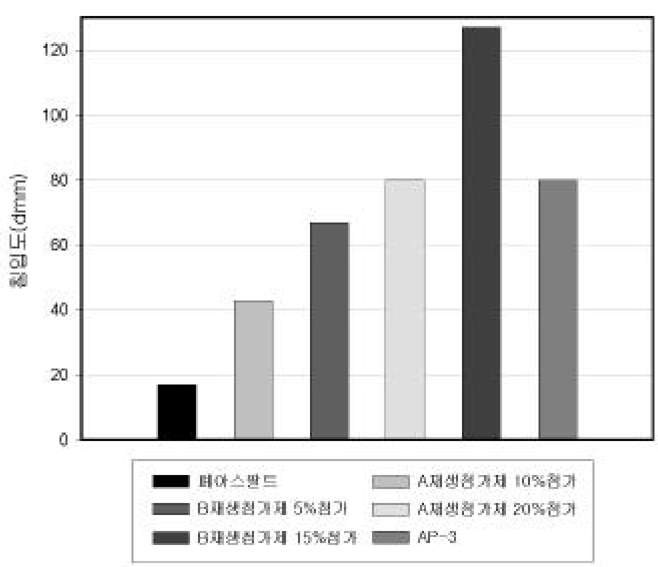
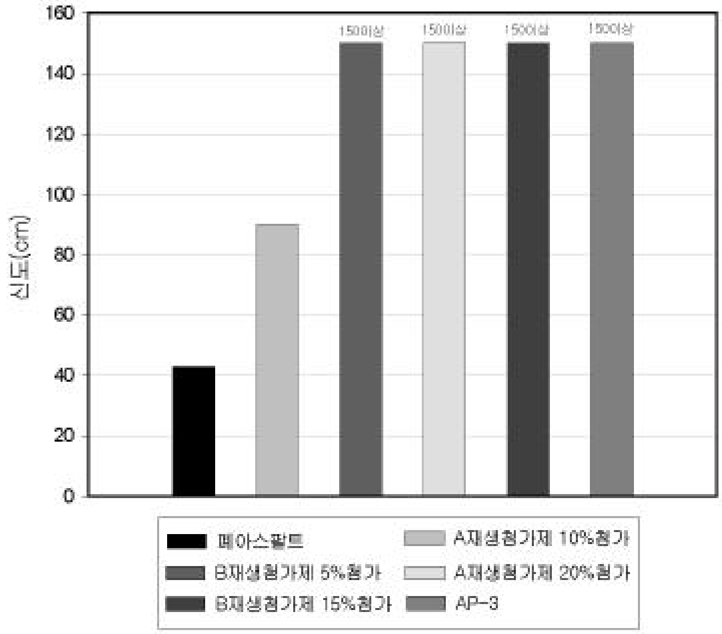
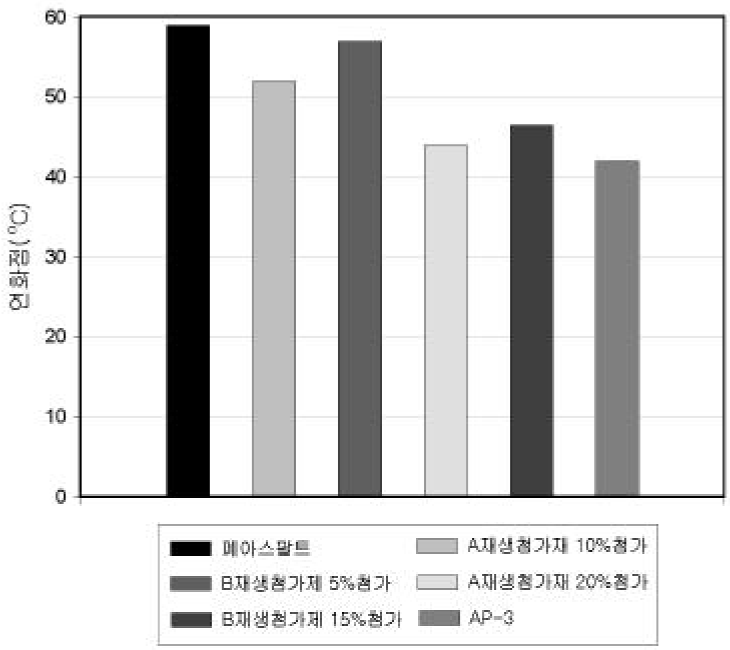


그림 3.5 침입도 시험



신도(cm)
150이상
150이상
150이상
150이상
페아스팔트
A재생첨가제 10%첨가
B재생첨가제 5%첨가
A재생첨가제 20%첨가
B재생첨가제 15%첨가
AP-3



연화점(°C)
페아스팔트
A재생첨가제 10%첨가
B재생첨가제 5%첨가
A재생첨가제 20%첨가
B재생첨가제 15%첨가
AP-3

그림 3.7은 연화점 시험으로 연화점이 59℃인 폐아스팔트를 시험 대상으로 한 결과 재생첨가제(A)를 10% 첨가하였을 때는 52℃, 20% 첨가했을 때는 44℃, 재생첨가제(B)를 5% 첨가하였을 때 56℃, 15% 첨가했을 때는 43℃로 연화점 또한 폐아스팔트에 재생첨가제(A, B)가 20%, 15% 첨가되었을 때, AP-3의 연화점 42 48℃와 비교하여 그 성상이 복원되었음을 알 수 있다.

표 3.5 점도시험 결과

구 분	폐아스팔트	A재생첨가제 10% 첨가	A재생첨가제 20% 첨가	AP-3
절대점도 (cSt)	34,900	3,008	1,251	800-1,200
		B재생첨가제 5%첨가	**B재생첨가제 15%첨가**	
		4,228	1,952	

표 3.5는 60℃에서의 점도시험결과를 나타낸 것으로 점도가 34,900cSt인 폐아스팔트에 재생첨가제(A)를 10%, 20% 첨가하였을 때 점도가 각각 3,008cSt, 1,251cSt로 재생첨가제(B)를 5%, 15% 첨가하였을 때 점도가 각각 4228cSt, 1952cSt로 회복되었다. 재생첨가제(A, B)를 20%, 15%로 첨가하였을 때 AP-3의 점도에 근접하게 회복되는 것을 확인할 수 있다.

제 4 장 품질시험

4.1 폐아스콘의 아스팔트 함량시험 및 입도분석

회수된 아스팔트에서 폐아스팔트를 추출하여 아스팔트함량을 결정하기 위해 KS F 2354에 따라 아스팔트 함량시험을 수행하였다. 시험순서는 다음과 같다.

① 시료를 800 1,200g의 시료를 준비한다.

② 건조로에서 110±5°C로 가열한다.

③ 시료(W_1)를 원심분리기용기에 넣고 삼염화에틸렌을 부어 1시간 이하로 방치한 후 1분간 3,600회전 시킨다.

④ 엷은 담황색이 될 때까지 용매 200ml를 3회이상 반복하여 회전 시킨다.

⑤ 추출액 2,000ml중 100ml를 충분히 교반한 후 작열접시에 넣어 500 600°C로 가열한 후 잔류한 입자의 무게(W_2)를 측정한다.

⑥ 용기에 남은 시료와 거름종이에 붙어있는 잔골재를 공기 중 건조시킨 후 무게를 측정(W_3)한다.

⑦ 식 (4.1)을 이용해서 아스팔트 함유량(A)을 구한다.

$$A\ (\%) = \frac{W_2 \ + \ W_3}{W_1} \times 100 \tag{4.1}$$

여기서 : 아스팔트 함유량의 시방규정 · 기층 : 3.5 5.5%

· 표층 : 5 7%

⑧ 건조시킨 골재에 대한 입도분석은 KS F 2502에 따라 실시하여 입도분포곡선을 구한다.

4.2 재생아스콘의 배합설계

수거한 폐아스콘에 일정비의 폐아스팔트가 함유되어 있으므로, 신재아스콘과 혼합하여 재생아스콘을 생산하기 위해서는 재생아스콘에 대한 배합설계가 필요하다. 재생아스콘의 배합설계과정은 다음과 같다.

① 회수된 아스콘(RAP)의 아스팔트 함유량은 식(4.1)에서 구한 함유량(A_1)를 사용한다.

② 최종 생산할 재생아스콘의 아스팔트 함유량을 결정한다.

③ 회수된 아스콘의 아스팔트량(A_1)에 대해 적정량의 재생첨가제(A_2)를 첨가한다.

④ 입도시방에 적합한 신재골재(W_1)에 대한 아스팔트함유량(A_3)을 결정한다.

⑤ 재생아스콘의 아스팔트량은 재쟁첨가제를 포함한 $A_1+A_2+A_3$이다.

그 결과, 최종 재생한 아스팔트콘크리트의 아스팔트 함유량(X)은 식(4.2)와 같다.

$$X(\%) = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{RAP - A_1 + W_1} \times 100 \qquad (4.2)$$

4.3 마샬시험

아스팔트 포장 혼합물의 배합설계 방법인 마샬 방법은 미국 미시시피주의 교통국 부르스 마샬(Bruce Marshall)에 의해서 최초로 정립되었다. 그리고 미육군 공병단(U.S. Corps of Engineer)이 보다 광범위한 조사연구를 통하여 이를 개선하고 일정한 사양을 마샬이 제시한 시험법에 추가하여 배합설계기준을 개발하였다.

마샬시험(ASTM D 1559, KS F 2337)의 목적은 표준 실험실 다짐도로 다져진 아스팔트 혼합물의 강도를 측정하기 위한 것이다. 또한 이 시험법은 설계 아스팔트 함량을 결정하기 위한 마샬배합법의 일부이며 아스팔트 혼합물의 품질 관리에도 사용된다.

1) 시험방법

마샬 시험법은 반원형의 재하 헤드를 통하여 직경 101.66mm, 높이 63.5mm인 원통형 공시체가 파괴될 때의 최대하중과 그때까지의 수직 변위량을 측정한다. 시험시 공시체의 온도는 수침 60°C를 유지시켜야 하므로 60℃항온수조에서 30분 이상 수침 후 공시체를 꺼내서 마샬안정도 시험기에 설치하여 최대하중까지 30초내에 시험을 완료해야 한다. 이것은 포장체가 여름철에 받게되는 대략적인 최대 포장 온도로써, 가열 아스팔트 혼합물에 대한 가장 열악한 조건을 재현하기 위함이다.

2) 마샬 안정도와 흐름값

마샬 안정도 시험에 사용한 기계사양은 규정 변형속도 50±5mm/min이다. 마샬 안정도란 공시체가 파괴될 때까지 가해진 하중으로써 공시체가 견딜 수 있는 최대 하중을 나타낸다. 흐름값(Flow)은 최대하중에 이를 때까지의 공시체의 총 수직 변위를 의미한다. 즉 하중이 가해지는 시작점부터 하중이 감소하기 시작할 때까지의 총 수직 변위를 나타낸다. 일반적으로 흐름값이 높으면 그 혼합물에 대한 저항성이 낮다는 것을 나타낸다. 반대로 흐름값이 낮으면, 이 혼합물은 내구성을 확보하는데 필요한 아스팔트량이 부족하여 조기 균열이 발생할 우려가 있다.

본 연구에서는 KS F 2337의 방법에 따라 재생아스팔트 혼합물에 대한 마샬 안정도 시험을 수행하였다.

제 5 장 재생아스콘의 품질 평가

5.1 폐아스팔트 콘크리트의 분석

5.1.1 폐아스콘의 아스팔트함량

부산광역시 각 지역에서 수거한 폐아스콘 시료 5개에 대한 폐아스팔트의 함량은 표 5.1과 같았다. 아스팔트 함량은 폐아스콘의 수거과정에서 표층과 기층부분이 혼합되어 수거되므로 표층의 아스팔트함량보다 다소 낮은 약 3.2 3.5%내외로 나타났다.

표 5.1 폐아스콘의 아스팔트함량

	시료1	시료2	시료3	시료4	시료5
아스팔트함량(%)	3.28	3.41	3.43	3.40	3.29

5.1.2 폐아스팔트의 입도분석

수거한 폐아스콘 4개의 시료에 대하여 KS F 2354에 따라 아스팔트와 골재를 분리한 후 재생용 골재에 대한 입도시험을 실시하였다. 폐아스콘에 포함된 골재의 최대 치수는 19mm였으며, KS F 2349 규정에 따라 19mm 밀입도 표층시방기준입도와 비교한 결과를 그림 5.1과 그림 5.2에 나타내었으며, 폐아스콘에 포함된 골재의 입도는 시방규정을 모두 만족하였다.

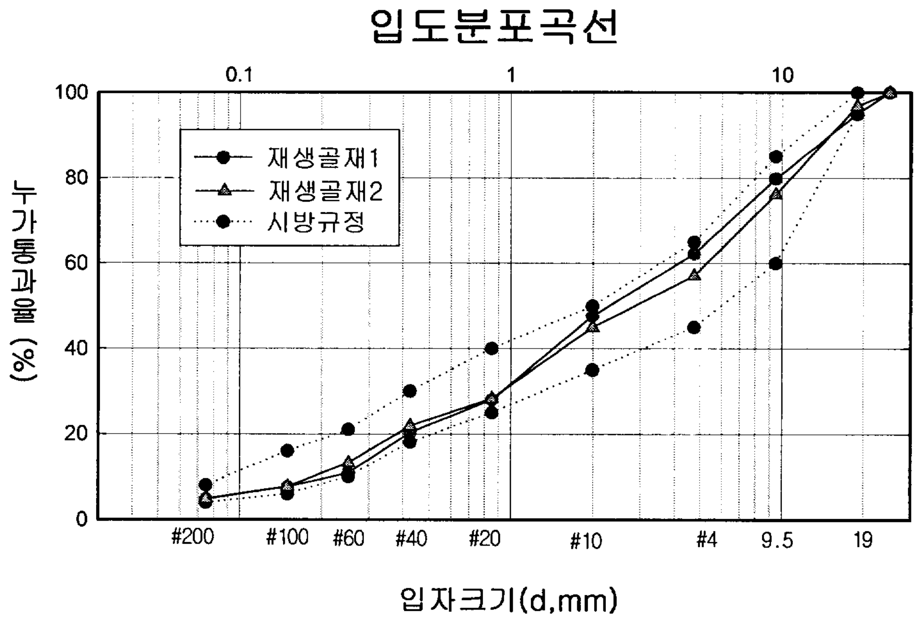


그림 5.1 재생골재의 입도곡선(1)

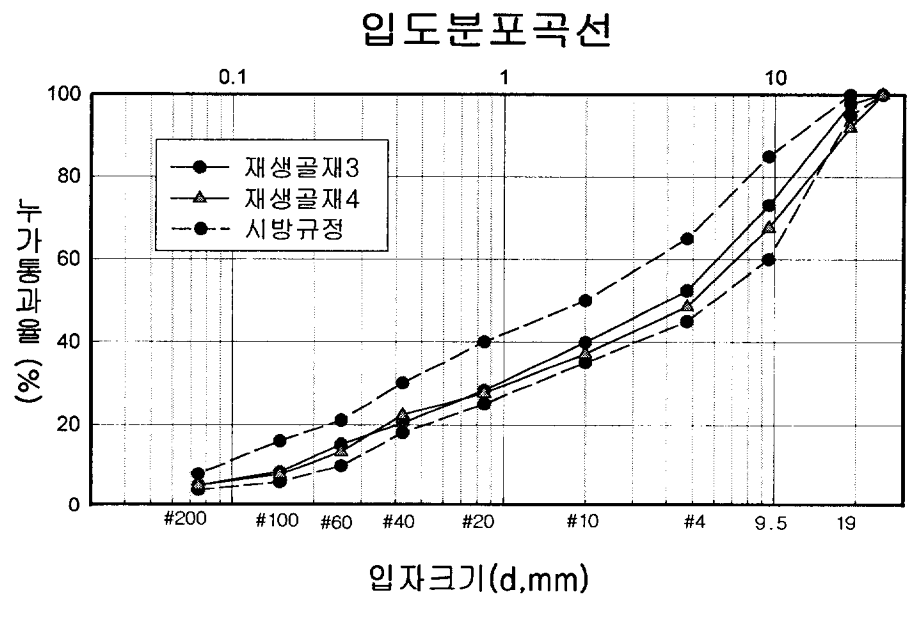


그림 5.2 재생골재의 입도곡선(2)

5.2 재생아스팔트 콘크리트혼합물의 입도 결정

재생아스콘 공시체 제작을 위해서 폐아스콘에 신규골재를 첨가하여, 19mm밀입도 표층시방기준입도를 만족하도록 배합설계 하였다. 각 시료는 전체 혼합물의 중량비로 신재아스콘을 100, 70, 50, 30, 0%로 혼합하였다. 그림 5.3은 표층시방입도의 상한·하한·중간 입도로서 본 연구에서는 신재 골재 혼합입도 기준에서 중간입도로 결정하였다.

폐아스콘에 신규골재를 첨가할 경우 19mm밀입도 표층시방규정입도를 만족하는지 검토를 위해 신재골재와 재생골재를 혼합 후 입도분포를 표층시방입도와 검토하였다. 그림 5.4는 신재골재의 혼합비율이 0, 30, 50, 70, 100% 일 때의 입도분포곡선으로 모두 19mm 밀입도 표층시방입도를 만족하는 것으로 나타났다. 표 5.2~표 5.4는 신규골재 혼합비가 각각 70, 50, 30%인 재생 아스팔트 콘크리트 혼합물의 합성입도를 나타낸 것이다.

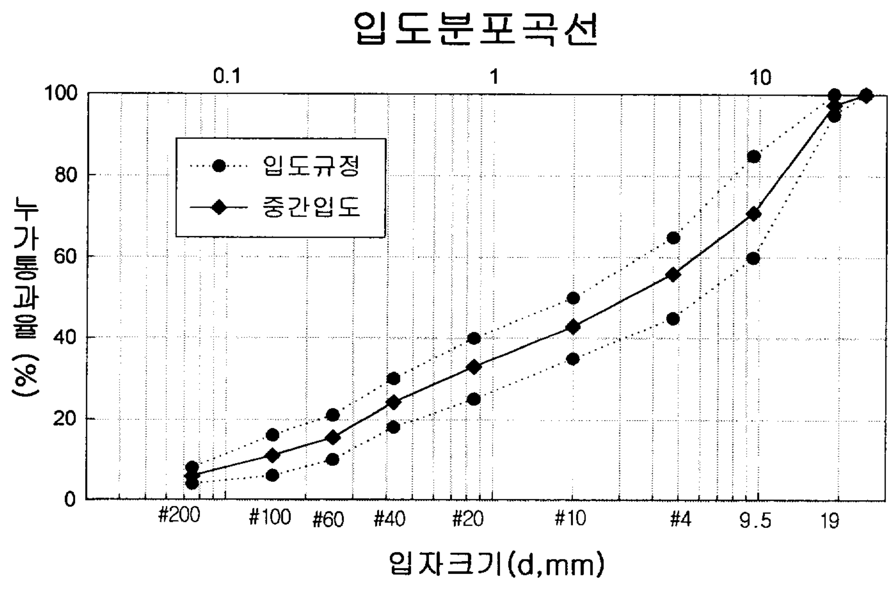


그림 5.3 19mm 밀입도 시방규정 입도

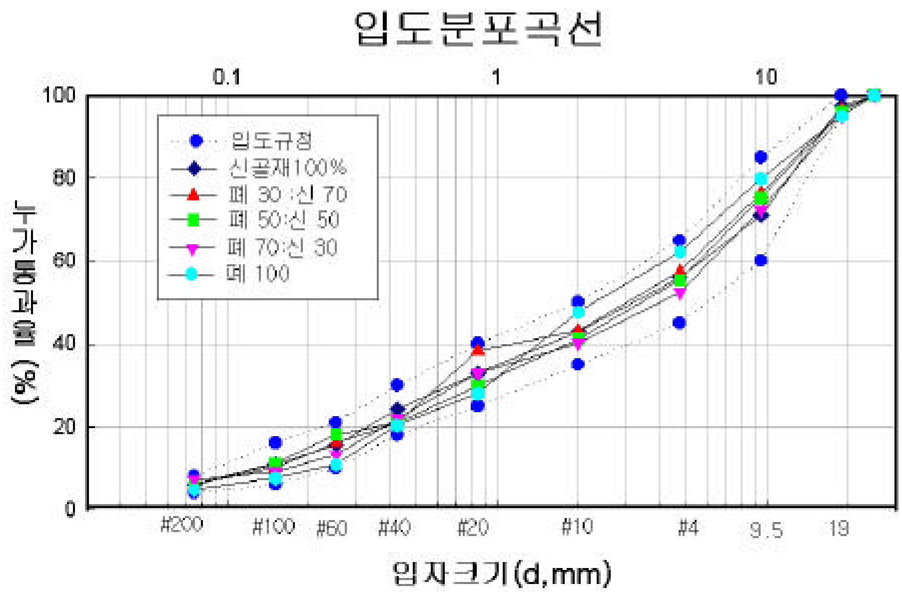


표 5.2 신재 70%일 경우의 재생입도 혼합물의 합성입도

재생아스팔트 혼합물 합성입도(공칭최대치수 19mm 밀입도 혼합물)									
	폐아스콘	19mm	13mm	8mm	모래	석분			
배합비 (%)	30	25.5	7.6	12.6	15.6	9.7	100		
							시방입도		
체크기 (mm)							합성입도	시방상한	시방하한
25	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	95.0	100	100	100	100	100	96.5	100	95
9.52	77.9	86.1	75.15	100	100	100	76.4	85	60
4.75	60.2	19.45	22.1	77.59	98.4	100	57.5	65	45
2.36	47.7	1.64	2.75	13.2	87.8	100	43.2	50	35
1.18	27.1	0	0	5.3	81.5	100	38.3	40	25
0.524	18.7	0	0	3.91	46.2	100	21.0	30	18
0.3	10.7	0	0	0	27.8	97	16.2	21	10
0.15	6.8	0	0	0	4.4	88	10.2	16	6
0.075	4.1	0	0	0	1.2	61	6.2	8	4

표 5.3 신재 50%일 경우의 재생입도 혼합물의 합성입도

재생아스팔트 혼합물 합성입도(공칭최대치수 19mm 밀입도 혼합물)								
	폐아스콘	19mm	13mm	8mm	모래	석분		
배합비 (%)	50	18.5	8.5	7.5	10.8	4.7	100	
							시방입도	
체크기 (mm)							합성입도	시방상한	시방하한
25	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	95.0	100	100	100	100	100	96.0	100	95
9.52	77.9	86.1	75.15	100	100	100	75.3	85	60
4.75	60.2	19.45	22.1	77.59	98.4	100	55.5	65	45
2.36	47.7	1.64	2.75	13.2	87.8	100	41.2	50	35
1.18	27.1	0	0	5.3	81.5	100	30.0	40	25
0.524	18.7	0	0	3.91	46.2	100	21.0	30	18
0.3	10.7	0	0	0	27.8	97	18.2	21	10
0.15	6.8	0	0	0	4.4	88	11.2	16	6
0.075	4.1	0	0	0	1.2	61	6.2	8	4

표 5.4 신재 30%일 경우의 재생입도 혼합물의 합성입도

재생아스팔트 혼합물 합성입도(공칭최대치수 19mm 밀입도 혼합물)									
	폐아스콘	19mm	13mm	8mm	모래	석분			
배합비 (%)	70	11.0	7.5	5.2	4.0	2.7	100		
							시방입도		
체크기 (mm)							합성입도	시방상한	시방하한
25	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	95.0	100	100	100	100	100	95.0	100	95
9.52	77.9	86.1	75.15	100	100	100	72.5	85	60
4.75	60.2	19.45	22.1	77.59	98.4	100	52.5	65	45
2.36	47.7	1.64	2.75	13.2	87.8	100	40.2	50	35
1.18	27.1	0	0	5.3	81.5	100	33.0	40	25
0.524	18.7	0	0	3.91	46.2	100	22.0	30	18
0.3	10.7	0	0	0	27.8	97	13.2	21	10
0.15	6.8	0	0	0	4.4	88	9.2	16	6
0.075	4.1	0	0	0	1.2	61	7.2	8	4

5.3 마샬 시험결과

폐아스콘을 표층용 재료로 재활용이 가능한지 여부를 평가하기 위하여 KS F 2349 표층시방기준에 의거하여 마샬안정도 시험을 하였다. 전체 혼합물에 대한 무게비로 신규아스콘을 100, 70, 50, 30, 0% 그리고 재생첨가제(A)를 폐아스콘의 폐아스팔트 무게비로 20%를 첨가하여 재생아스콘을 생산하였다. 그리고 전체 재생아스콘의 아스팔트 함량을 무게비로 5.5%로 정하여 KS F 2337에 따라 공시체를 제작하여 마샬시험을 수행하였다.

신규아스콘의 혼합비가 100, 70, 50, 30, 0%가 되도록 혼합한 재생아스콘의 마샬시험 결과는 표 5.5 표 5.7과 같다. 표 5.5 표 5.7에서 나타나듯이 밀도는 대체로 2.27 2.38로 분포하였으며, 공극률은 시방기준인 3 6%에 대해 공시체의 공극률 평균치가 시방기준을 만족하였다. 마샬시험으로 구한 흐름값은 기준시방인 20 40의 범위인데 반해 공시체의 흐름값의 평균은 37 43으로 시방기준을 약간 상회하거나 만족하였다. 안정도는 표층시방규정 KS F 2349에서 표층혼합물의 최대강도는 500kg으로 규정하고 있는데, 시험결과에서 나타난 바와 같이 모두 1000kg이상으로 시방기준을 모두 만족하였다. 그림 5.5 5.8은 신재아스콘의 혼합비가 100, 70, 50, 30, 0%인 재생아스콘 공시체에 대한 실험을 통해서 얻은 결과의 평균값을 표층용 아스팔트 혼합물에 대한 시방기준과 비교하여 나타낸 것이다. 그림 5.5 5.8에 나타난 바와 같이 재생아스콘의 밀도, 공극률, 흐름값은 신규아스콘과 거의 유사하게 나타났고, 안정도는 폐아스콘의 혼합비율이 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났으나 이는 시방기준을 훨씬 상회하는 값이다. 이러한 결과는 재생아스콘을 표층용 혼합물로 사용함에 있어서 아무런 문제가 없다는 실험결과이다.

표 5.5 마샬시험 결과표(1)

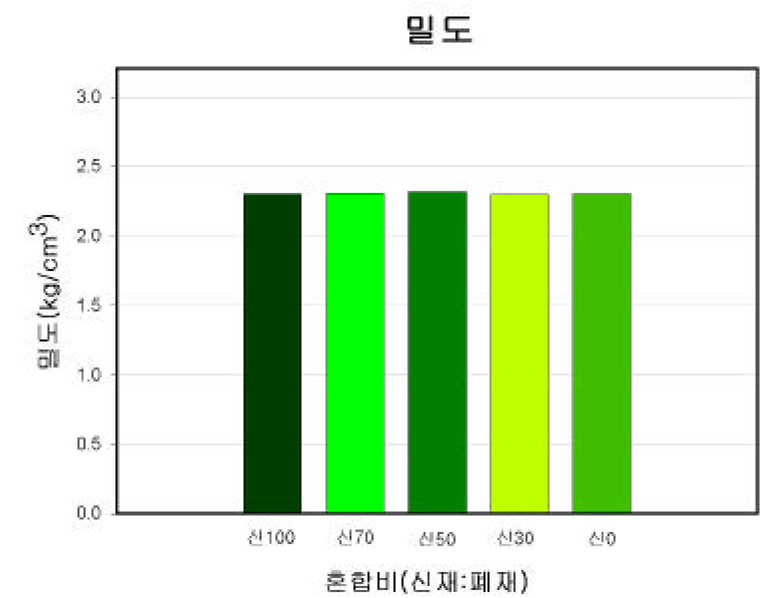
구분	시료번호	AP함량 (%)	밀도(g/cm^3)	공극률 %	흐름값 (1/100mm)	안정도(kg)
시방규정		5 7	-	3 6	20 40	500kg이상
신재 (100%)	1	5.5%	2.315	4.9	48	1418.8
	2		2.287	6.0	41	1230.9
	3		2.309	5.1	44	1368.3
	4		2.302	5.4	45	1363.5
	5		2.296	5.7	44	1368.4
	6		2.305	5.3	43	1176.6
	7		2.316	4.8	41	1389.3
	8		2.314	4.9	42	1207.1
	9		2.284	6.1	36	1369.4
	10		2.354	3.3	48	1203.4
	11		2.297	5.6	49	1234.0
	12		2.279	6.4	37	1395.1
	13		2.318	4.8	24	1376.2
	14		2.279	6.4	49	1382.0
	평균		**2.303**	**5.3**	**42.2**	**1320.2**
	표준편차		**0.019**	**0.78**	**6.4**	**83.8**
폐재 (100%)	1	5.5%	2.290	5.9	34	1098.3
	2		2.293	5.8	39	1159.0
	3		2.309	5.1	35	1176.0
	4		2.287	6.0	36	1159.2
	5		2.306	5.3	34	1198.5
	6		2.301	5.5	35	1139.1
	7		2.297	5.6	38	1176.7
	8		2.298	5.6	34	1188.0
	9		2.342	3.8	58	1237.2
	10		2.312	5.0	52	1149.0
	11		2.298	5.6	49	1268.3
	12		2.297	5.6	37	1124.2
	13		2.302	5.4	43	1279.3
	14		2.321	4.6	39	1046.9
	평균		**2.303**	**5.3**	**40**	**1171.0**
	표준편차		**0.013**	**0.5**	**7.3**	**60.46**

표 5.6 마샬시험 결과표(2)

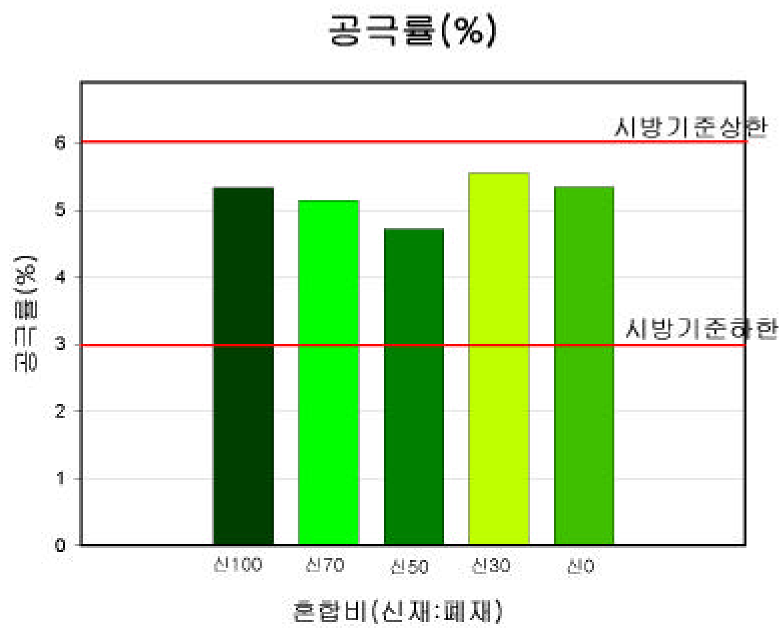
구분	시료번호	AP함량 (%)	밀도(g/cm ^{3})	공극률 %	흐름값 (1/100mm)	안정도(kg)
시방규정		**5 7**	**-**	**3 6**	**20 40**	**500kg 이상**
신재:폐재 (70:30)	1	5.5%	2.304	5.3	40	1409.1
	2		2.306	5.3	24	1445.8
	3		2.310	5.1	31	1436.5
	4		2.370	2.6	46	1523.2
	5		2.297	5.6	43	1456.9
	6		2.304	5.3	40	1299.2
	7		2.309	5.1	41	1327.5
	8		2.309	5.1	43	1272.7
	9		2.312	5.0	51	1366.4
	10		2.286	6.0	43	1108.0
	11		2.299	5.5	41	1111.0
	12		2.297	5.6	40	1026.0
	평균		**2.308**	**5.1**	**40**	**1315.1**
	표준편차		**0.019**	**0.81**	**6.6**	**151.9**
신재:폐재 (50:50)	1	5.5%	2.320	4.7	32	1321.6
	2		2.306	5.3	40	1262.5
	3		2.304	5.3	39	1333.6
	4		2.301	5.5	34	1192.4
	5		2.306	5.3	36	1186.3
	6		2.284	6.2	38	1198.0
	7		2.302	5.4	35	1254.4
	8		2.304	5.3	34	1316.7
	9		2.305	5.5	40	1303.2
	10		2.386	2.0	42	1369.0
	11		2.370	2.6	41	1494.0
	12		2.340	3.9	42	1097.0
	평균		**2.319**	**4.7**	**37**	**1277.3**
	표준편차		**0.029**	**1.2**	**3.2**	**99.1**

표 5.7 마샬시험 결과표(3)

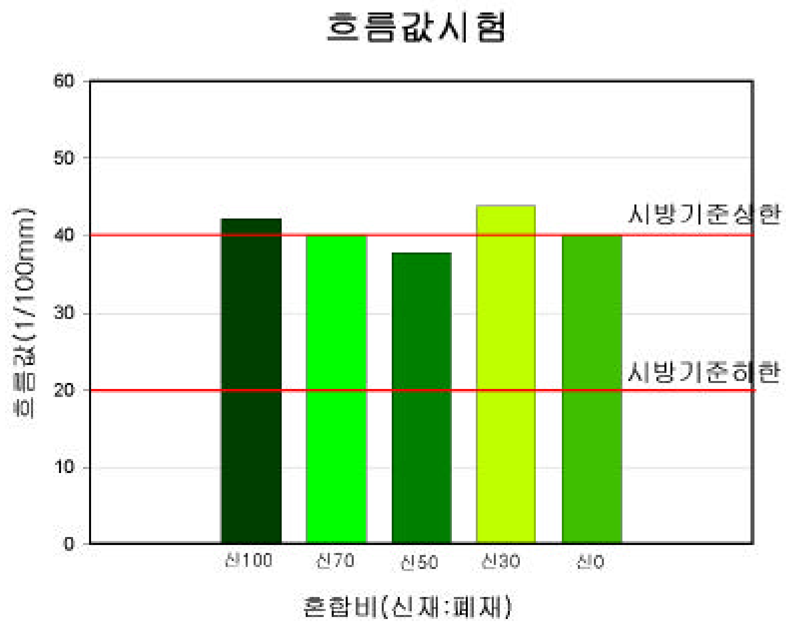
구분	시료번호	AP함량 (%)	밀도(g/cm ^{3})	공극률 %	흐름값 (1/100mm)	안정도(kg)
시방규정		5 7	-	3 6	20 40	500kg이상
신재:폐재 (30:70)	1	5.5%	2.312	5.0	43	1305.9
	2		2.309	5.1	41	1227.9
	3		2.306	5.3	40	1154.6
	4		2.297	5.6	46	1176.0
	5		2.306	5.3	43	1106.2
	6		2.289	6.0	44	1159.1
	7		2.309	5.1	40	1079.6
	8		2.307	5.6	40	1195.2
	9		2.308	5.2	46	1197.6
	10		2.298	5.7	52	1198.2
	11		2.283	6.2	39	1126.0
	12		2.272	6.7	37	1366.1
	13		2.296	5.7	55	1242.5
	14		2.299	5.5	43	1089.0
	15		2.289	6.0	49	1144.6
	평균		**2.298**	**5.5**	**43**	**1184.4**
	표준편차		**0.01**	**0.45**	**4.8**	**75.9**

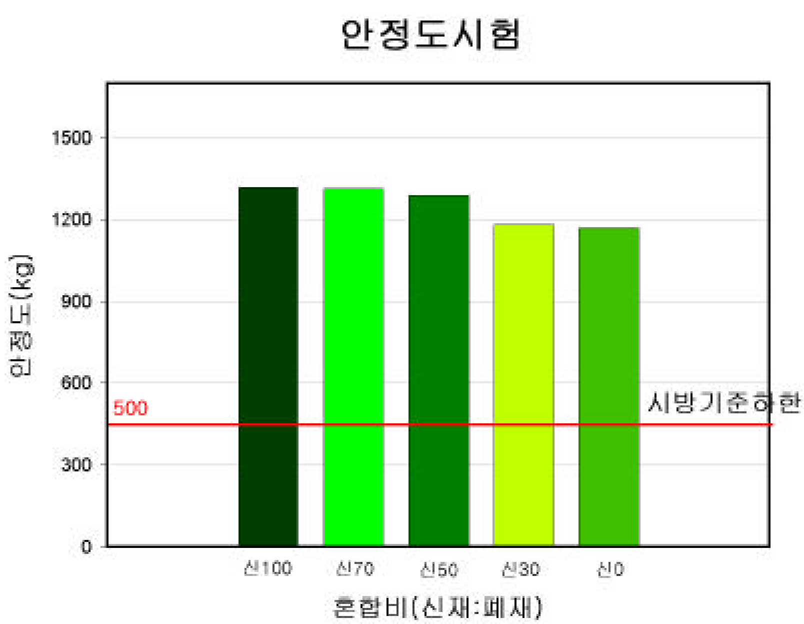


밀도
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
밀도(kg/cm3)
신100
신70
신50
신30
신0
혼합비(신재:폐재)



공극률(%)
시방기준상한
시방기준하한
6
5
4
3
2
1
0
공극률(%)
신100
신70
신50
신30
신0
혼합비(신재:폐재)


흐름값시험
60
50
40
30
20
10
0
흐름값(1/100mm)
시방기준상한
시방기준하한
신100
신70
신50
신30
신0
혼합비(신재:폐재)


안정도시험
1500
1200
900
600
300
0
안정도(kg)
500
시방기준하한
신100
신70
신50
신30
신0
혼합비(신재:폐재)

제 6 장 결론

본 연구에서는 폐아스콘을 재생하여 표층용 혼합물로 활용이 가능한지의 여부를 평가하기 위하여 폐아스팔트의 성상을 복원시킬 수 있는 재생첨가제(A, B)를 개발하였고, 부산광역시 각 지역에서 채취한 폐아스콘에 일정무게비로 신재아스콘과 재생첨가재를 혼합하여 재생아스콘 공시체를 제작하여 재생아스콘에 대한 품질 시험을 수행하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 아스팔트 내의 포화탄화수소유분은 공기와의 노화반응에 비교적 안정된 구조를 갖고 있어 아스팔트의 노화시에 함량 변화가 상대적으로 적으며, 반면에 주로 방향족유분이 노화 또는 산화로 인하여 sulfoxide(-S=O)나 carboxyl(-C=O)등의 극성기의 생성으로 분자끼리의 결합으로 인한 점성증가를 유도할 수 있다. 또한 산화에 의한 아스팔텐의 생성으로 인한 부분적인 분자량 증가를 수반하게 된다. 이것은 아스팔텐의 분자량이 3 4배 증가하면서 물성저하에 의한 아스팔트의 성능저하를 수반하게 된다. 따라서 장기간 노화된 아스팔트의 경우 포화탄화수소유분은 함량변화가 적은 반면에 방향족유분 함량이 떨어지고 대신 아스팔텐 함량이 높아지는 경향을 가진다. 즉 재생첨가제의 제조는 증가된 아스팔텐의 함량을 줄여줄 수 있도록 해야 되는데, 이때 가장 중요한 성분이 방향족성분으로 재생첨가제는 이 방향족성분에 의해 그 기능이 좌우된다. 본 연구에서는 ASTM D 4124 규정에 의한 성분분석을 통하여 아스팔트의 노화시 아스팔텐의 함량이 증가하고, 방향족성분의 함량이 감소함을 알 수 있었고, 이와 같이 증가한 아스팔텐의 함량을 감소시키기 위해 아스팔트의 아로마틱유분과 화학적으로 비슷한 아로마틱기유를 사용하여 재생첨가제(A, B)를 제조하였다. 그리고 제조된 재생첨가제(A, B)를 노화가 진행된 폐아스팔트에 재생첨가제 A는 무게 비로 20% 첨가했을 때, 재생첨가제 B는 무게비로 15% 첨가했을 때 신재아스팔트(AP-3)와 유사한 정도로 성상이 복원됨을 확인할 수 있었다.

2) 폐아스콘에 신규아스콘과 재생첨가제를 일정 비율로 첨가해서 제작한 재생아스콘 공시체에 대한 품질 시험결과 공극률의 평균값은 모두 시방기준인 3 6을 만족하였고, 마샬흐름값의 평균은 시방기준 20 40을 만족하거나 약간 상회한 것으로 나타났다. 안정도는 폐아스콘의 혼합비률이 증가할수록 다소 감소하는 경향이 있으나 모두 시방기준인 500kg을 훨씬 상회하는 것으로 나타났다.

3) 역학시험 분석결과 폐아스콘은 재생첨가제를 첨가함으로써 성상회복이 가능하며, 재생한 재생아스콘은 표층용 혼합물로 충분히 사용가능하며, 품질도 신재아스콘에 비해 거의 유사한 것으로 평가되었다.

본 연구의 결과는 한정된 지역에서 채취한 폐아스콘(AP-3 사용)으로부터 추출한 폐아스콘을 이용한 실험결과이므로 다양한 지역에서 채취한 시료에 대한 검증과 시험포장을 통하여 공용성에 대한 검증이 추가되어야할 것으로 사료된다.

참고 문헌

건설교통부(1990.5), "도로공사 표준시방서," 제6장 아스팔트 표층공.

건설교통부(1997), "건설폐기물 처리 및 재활용 지침".

건설교통부(1997.7), "아스팔트 포장설계 · 시공요령".

건설교통부, 신기술지정(제42호), "재생첨가제를 이용한 아스팔트 포장의 표층재생 포장 활용기술," 1996.

서울특별시(2000), "폐아스팔트 콘크리트 재활용 실용화 방안 연구".

세종문화사(1985), "최신 아스팔트 총체," 김주원.

자원재생공사, "건설폐기물 재활용 가이드라인 설정 및 재활용촉진 방안," 1995.

한국도로공사(1996), "건설공사 품질시험 편람," 한국도로공사.

한국도로교통협회(1997), "아스팔트포장 설계 · 시공요령," 건설교통부.

한국산업규격, "가열혼합 · 가열 포설 역청 포장용 혼합물," KS F 2349.

한국산업규격, "골재의 체가름 시험방법," KS F 2502.

한국산업규격, "마샬시험기를 사용한 역청혼합물의 소성흐름에 대한 저항력시험," KS F 2337.

한국산업규격, "원심분리에 의한 포장용 혼합물의 역청함유량 시험방법," KS F 2354.

한국포장공학회, "포장공학원론".

Dale, Decker, "Hot Mix Recycling: State-of-the-Practice," presented at 5 the symposium session of the 1997 annual meeting of the AAPT, Salt Lake City, Utah, March 17-19, 1997.

Joe, W. Button., Cindy K. Estakhri. and Dallas, N. Little(1995), "Performance and Cost of Selected Hot In-Place Recycling Project," Transportation Research Record, Vol. 1507, pp. 51–66.

Kandhal, P. S. "Recycling of Asphalt Pavements - An Overview," Presented at the symposium session of the 1997 annual meeting of the AAPT, Salt

Lake City, Utah, March 17-19, 1997.

Martin, K. S., Davison, R. R., Glover, C. J. and Bullin, J. A.(1990) "Asphalt Aging in Texas Roads and Test Sections," Transportation Research Record, 1269, pp.9-19.

Roverts, F. L,, Kandhal P. S., Brown, E. R., Lee, D. Y. and Kennedy, T. W.(1991), "Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction," NAPA Education Foundation.

ASTM D 4124, "Standard Test Methods for Separation of Asphalt into Four Fractions".

ASTM D 4552-92, "Standard Practice for Classifying Hot-Mix Recycling Agent".