



대입경 혼합물의 역학적 특성 평가

Evaluation of the Mechanical Characteristics of the Large Stone Asphalt Mixtures

박태순*, 김주원**, 김용주***

ABSTRACT

This study presents the mechanical characteristics, such as the permanent deformation and the crack, of the large stone asphalt mixtures. The large stone mixture was studied by Kandhal at NCAT(National Center for Asphalt Technology) in 1989. Japan and Arabian countries adopted the large stone mixture for the pavement construction. The experience and the study results showed that the interlocking of the aggregate system of the large stone mixtures is stable and less dependent on the binder characteristics in high temperature. These properties are known as the rutting resistant parameters.

However, the mechanical test results should be supported to prove the benefits of the large stone mixtures. The creep test, resilient modulus tests on three different temperature, wheel tracking test and ravelling tests were conducted to evaluate the performance of the large stone mixtures in this study. The test results were compared with the conventional mixtures and modified asphalt concrete mixtures. The large stone mixtures showed better rutting resistance performance.

Key words : Large Stone Mixture, Permanent Deformation, Creep Test, Resilient Modulus Test, Wheel Tracking Test

요 지

본 연구는 대입경 혼합물의 배합설계와 소성변형 및 균열특성에 관련된 역학적 특성에 관한 연구결과이다. 대입경 혼합물은 1989년 미국 아스팔트기술센터의 Kandhal에 의해서 연구되었으며, 일본 및 아랍의 여러 국가에서 포장건설에 사용하고 있다. 이들의 경험과 연구결과에 의하면 대입경 혼합물을 구성하고 있는 골재의 구성은 결합력이 견고하고 바인더가 고온에서 영향을 받지 않아 소성변형에 큰 저항성을 보이는 것으로 알려져 있으나, 실제로 증명할 수 있는 역학적인 시험을 수행한 자료는 없는 실정이다. 본 연구에서는 크리프 시험, 회복탄성계수시험, 휠 트래킹시험 및 라벨링 시험을 실시하여 대입경 혼합물의 특성을 분석하였으며 시험 결과를 일반 혼합물 및 개질아스팔트 혼합물과 비교한 결과 대입경 혼합물의 소성변형에 대한 저항성은 매우 우수한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 대입경 혼합물, 소성변형, 크리프시험, 회복탄성계수시험, 휠트래킹시험

* 서울산업대학교 토목공학과 조교수
(tpark@duck.snut.ac.kr/Tel. 02-970-6506)

** 성원건설기술사사무소 소장 (Tel. 02-564-5645)
한양대학교 겸임교수

*** 서울산업대학교 대학원 박사과정 (Tel. 02-970-6946)



1. 서 론

아스팔트 포장에서 조기에 발생하는 소성변형은 최근 국내의 아스팔트 포장의 파손 중에 가장 큰 비율을 차지하고 있다.⁽¹⁾ 소성변형의 문제는 중차량의 통행이 많은 산업도로와 저속 및 정차행위가 빈번하게 발생하는 교차로 등지에서는 더욱 심각하게 발생하고 있다. 따라서, 지금까지 공용성이 우수했던 과거의 아스팔트 혼합물도 교통량의 증가, 기후의 변화 및 차량의 대형화로 인하여 재점점의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

대입경 혼합물에 대한 본격적인 최초의 연구는 미국의 펜실바니아주 교통국의 Kandhal(1989)에 의해서 수행되었다. 당시 사용했던 최대골재의 크기는 38~50mm를 사용하였으며, 중간층(binder course)과 기층용(base course)에 적용코자 시도되었다. 38~50mm 골재를 포함하고 있는 혼합물의 배합설계를 실시하기 위해서 150mm 공시체와 시험방법을 개발하였으며, 개발된 시험방법은 수정마살시험 방법이라는 명칭으로 1996년에 ASTM D 5581로 채택되었다.

이후 미국의 펜실바니아주 교통국, 켄터키주 교통국, 아랍국가⁽⁴⁾ 및 일본^(8,9) 등지에서 연구 및 시험시공을 실시한 결과 실내 휠트래킹시험에서 우수한 동적안정도를 나타내었고, 추적조사에 의한 결과 또한 현저하게 소성변형이 감소한 것으로 보고하고 있다.

본 연구에서는 대입경 혼합물을 표층 및 안정처리기층에 사용을 시도하기 위해서 150mm 마살시험장치를 제작하고 표층혼합물의 최대골재 크기를 25mm, 안정처리기층 혼합물의 최대골재 크기는 40mm를 사용하여 혼합물을 제작하였다. 제작한 혼합물은 시험시공 당시 사용한 개질아스팔트 혼합물, 일반혼합물과 특성을 비교 분석하였다. 비교분석에는 크리프시험, 회복탄성계수시험, 라벨링시험 및 휠트래킹시험 결과가 사용되었다.

2. 대입경 혼합물의 정의

일반적으로 현재 국내에서 사용하고 있는 아스팔트 혼합물의 표층용 공칭 최대치수는 19mm와 13mm를 사용하고 있으며, 안정처리기층용으로는 25mm가 사용되고 있다. 표층의 경우 고속도로 포장에서는 오래 전부터 19mm가 사용되었으며 고속도로 이외의 도로에서는 13mm가 주로 사용되어 왔다. 그러나 최근에는 최대골재크기가 큰 19mm 골재가 소성변형에 대한 저항성이 높기 때문에 19mm가 일반화 되어가고 있는 추세이다.

“대입경”이라는 용어는 상대적인 의미로서 기층에 사용하는 최대골재의 크기가 40mm로 현재 사용하고 있는 표준 마살몰드(직경 100mm, 높이 63mm)를 사용할 수 없는 경우와 표층의 경우에는 19mm 보다 큰 25mm를 사용하는 경우로 정의한다. 표층의 경우 25mm 보다 큰 입자의 사용을 제안한 경우도 있으나 재료의 분리가 발생하여 실제 현장에서 시공시 많은 어려움을 겪은 것으로 알려져 있다.

현재 사용하고 있는 표준 마살몰드를 사용하여 배합설계를 실시할 경우 혼합물의 최대골재 크기는 25mm로 제한되기 때문에 40mm 골재를 사용할 경우 직경 150mm 몰드를 배합설계에 사용하여야 한다. 몰드의 직경이 150mm로 증가됨에 따라 다짐횟수, 안정도 및 흐름치의 값이 공시체의 조건에 맞게 조정되어야 한다.

Kandhal(1989)은 150mm 몰드 사용시 요구되는 다짐횟수, 안정도 값 및 흐름치에 대하여 100mm 몰드를 사용한 경우와 비교 연구를 실시하여 다음과 같은 기준을 제시하였다.

2.1 다짐횟수

직경 150mm, 높이 95mm의 공시체에 필요한 다짐횟수는 직경 100mm, 높이 63.5mm에 해당하는 동일한 에너지를 얻기 위해서는 100mm 몰드의



공시체에 필요한 다짐횟수의 1.5배로서 100mm의 공시체에 적용하는 50회 및 75회는 직경 150mm 공시체에서는 75회 및 112회가 된다.

2.2 안정도 값

공시체 원통의 원주면에 작용하는 외부 하중은 원통의 직경방향의 횡단면에 작용하는 것으로 생각할 수 있다. 횡단면에 대한 단위 면적당 응력을 kg으로 계산하면 직경 150mm 공시체의 높이는 95mm이므로 직경방향의 단면적은 $150 \times 95 = 14,250\text{mm}^2$ 이고, 직경 100mm 공시체의 높이는 63.5mm이므로 단면적은 $100 \times 63.5 = 6,350\text{mm}^2$ 가 된다. 따라서 단면적의 비는 $14,250/6,350 \approx 2.25$ 이다. 이것은 단위응력 기준으로 150mm 공시체에 작용하는 전체하중은 같은 혼합물의 100mm 공시체에 작용하는 하중의 2.25가 되어야 하며, 안정도 비가 2.25배가 되어야 한다는 것을 의미한다.

2.3 흐름치

시험시 측정되는 흐름치의 단위는 최대 안정도를 나타낼 때의 안정도 헤드의 전체 이동을 나타내는 값이다. 단위기준으로 흐름치를 생각할 때 직경 150mm 공시체에 대한 흐름치는 직경 100mm 공시체에 대한 흐름치의 1.5배이다. 이것은 흐름치의 비가 1.5배가 되어야 한다는 것을 의미한다. 예를 들어 100mm 공시체에 대한 흐름치의 기준이 20~40 이라 할때, 150mm 공시체에서는 30~60으로 조정되어야 한다.

3. 대입경 혼합물의 배합설계 방법 및 설계기준

본 연구에서는 표층은 100mm 몰드를 사용하여 표준 마찰시험법을 KS F 2337 (마찰시험기를 사용한 역청 혼합물의 소성흐름에 대한 저항력 시험방법)을 적용하였으며, 기층 혼합물에는

ASTM D 5581을 적용하였다. 직경 100mm 몰드를 사용할 경우 대입경 혼합물의 마찰시험법은 일반 밀입도 아스팔트 혼합물의 배합설계 절차와 동일하고, 150mm 몰드를 사용할 경우에는 해머의 무게는 2.25배 크게 하고 혼합물을 몰드에 2회로 분할하여 투입하고, 안정도 시험시 60°C 수조에 넣는 시간은 45~60분으로 공시체 제작 후 안정도시험은 24시간이 경과한 후 실시하여야 한다. 직경 100mm 공시체와 150mm 공시체를 사용하는 시험방법을 표 1에 정리하여 비교하였으며, 표 2는 대입경 혼합물에 대한 마찰시험 기준을 표준마찰시험 기준과 비교하여 정리한 것이다.

표 1. 직경 100mm 공시체와 150mm 공시체를 사용하는 시험방법의 비교

항 목	직경 100mm 공시체	직경 150mm 공시체
골재의 최대치수	25mm	37.5mm
공시체의 직경	101.6mm	152.4mm
몰드 높이	76mm	114mm
다짐 횟수	50, 75회	75, 112회
낙하 높이	45cm	45cm
햄머 무게	4.5kg	10.2kg
프루빙 링 용량	2,267kg	4,536kg
혼합물 넣기	1회로	1/2씩 2회로
수조에 넣는 시간	30~40분	45~60분 (또는 오븐에서 3시간)
공시체 제작후 재하까지의 시간	12시간	하루밤 지난 후
공시체 1개의 중량	약 1,200g	약 4,050g

표 2. 대입경 혼합물에 대한 마찰시험 기준

구 분	100mm 공시체의 경우		150mm 공시체의 경우	
	표층용	기층용	표층용	기층용
다짐횟수 (회)	75	50	112	75
안정도 (kg)	750이상	500이상	1,690이상	1,125이상
흐름치 (1/100cm)	20~35	10~40	30~50	15~60
공극률 (%)	3~5	3 ~ 10	3~5	3~10
포화도 (%)	65~75	-	65 ~ 85	-



4. 배합설계 결과 및 역학시험

4.1 배합설계 개요 및 목표

대입경 혼합물의 배합설계는 국내에서 처음으로 시도되는 배합설계로서 현재 우리나라 전역에서 크게 문제가 되고 있는 소성변형을 방지하고 내구성이 우수한 혼합물을 제조하기 위한 예비단계로서 소성변형 방지를 목표로 배합설계를 실시하였다.

이러한 목표를 달성하기 위해서 미국 및 일본에서 시공실적이 있는 입도분포를 참조하여 배합설계에는 가급적 최대골재 크기를 큰 사이즈로 정하여 배합설계를 실시하였다. 이러한 입도분포는 현재 미국에서 배합설계 방법으로 사용하고 있는 수퍼패이브 제 1 단계 혼합물 시험의 요구사항과 일치하고 있다. 본 연구에서는 표층의 최대골재 크기는 25mm를 사용하였으며, 기층의 최대골재 크기는 40mm로 사용하여 배합설계를 실시하였다.

특히 대입경 아스팔트 혼합물은 잔골재 크기의 분포 및 200번체 통과량에 아스팔트비가 영향을 크게 받고 아스팔트비는 혼합물의 공용성과 직간접적으로 영향이 있기 때문에 배합설계에서는 여러 종류의 입도분포를 사용하여 최적 아스팔트량을 도출하였으며 본 연구에서는 대입경 혼합물의 배합설계 결과에서 나타난 최적의 입도분포 결과만을 수록하였다.

4.2 사용재료 및 장비

4.2.1 아스팔트 시멘트

배합설계에 사용한 아스팔트는 침입도 규격으로는 60~70(AP-5), 수퍼패이브 성능 등급으로는 PG 64-22인 아스팔트 시멘트를 사용하였다.

4.2.2 골재

현장시공에 사용될 골재를 시험실에서 체가름을 실시하여 시방 입도로 맞추고 각 골재에 대

하여 비중시험을 실시하였다. 비중시험 결과 굵은골재의 진비중은 2.718, 잔골재의 진비중은 2.71, 필러(석분)의 비중은 2.657로 나타났다. 표 3은 골재의 비중시험 결과이다.

표 3. 골재비중시험 결과

골재의 종류	겉보기비중(G_{sb})	진비중(G_{sa})
굵은골재	2.669	2.718
잔골재	2.689	2.710
채움재	2.657	

4.2.3 시험장비

배합설계에는 마샬시험 장치를 사용하였다. 기층 배합설계에는 최대 골재크기가 40mm인 점을 고려하여 몰드의 직경 150mm 마샬시험 장치를 제작하여 사용하였으며, 표층 배합설계에는 직경 100mm 마샬시험 장치를 사용하였다. 직경 150mm 마샬시험 장치는 ASTM D 5581의 규정에 따라 제작하였다. 그림 1은 150mm 마샬시험 다짐 장치를 100mm 마샬시험 장치와 비교하여 촬영한 사진이고 그림 2는 안정도 헤드를 비교하여 촬영한 사진이다.

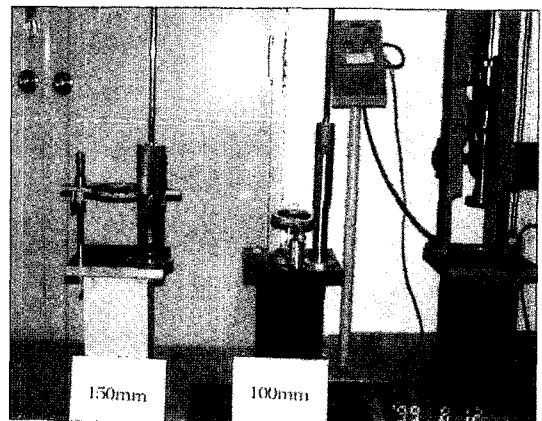


그림 1. 150mm 와 100mm 해머 비교

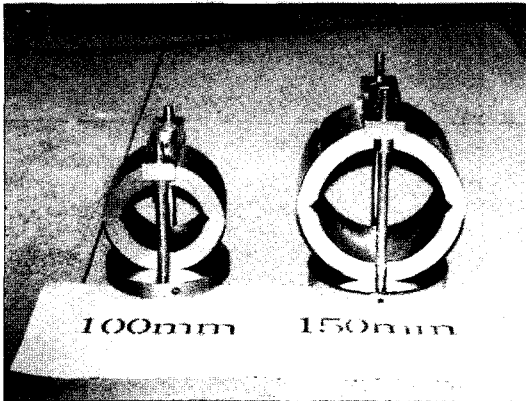


그림 2. 150mm 및 100mm 안정도 헤드 비교

4.3 배합설계 및 결과

4.3.1 배합설계 절차

배합설계 절차는 ASTM D 5581과 KS F 2337의 규정절차에 따라 골재 및 아스팔트 시멘

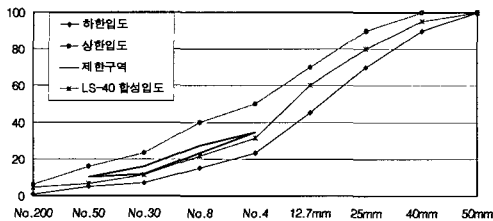


그림 3. 기층입도 범위 및 배합설계에 사용한 입도분포

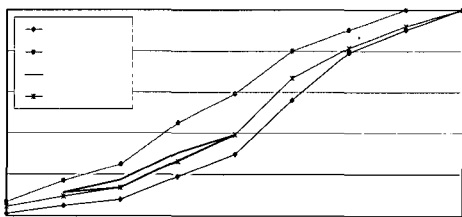


그림 4. 표층입도 범위 및 배합설계에 사용한 입도분포

트를 가열하여 혼합 및 다짐을 실시하였다. 기층에 사용한 골재의 입도 분포는 미국 및 일본에서 사용하고 있는 시방규정을 이용하여 본 연구에서 결정한 입도범위를 그림 3에 도시하였으며, 표층에 사용한 입도분포와 시방규정을 그림 4에 도시하였다.

4.3.2 표층 배합설계 결과

표층 배합설계에는 100mm 몰드와 150mm 몰드 두 종류를 사용하였으며, 150mm 몰드를 사용한 배합설계에는 필러의 양 3%, 4.5% 및 잔골재와 필러의 양이 많은 일반입도를 사용하여 최적 아스팔트량 및 마찰 특성을 분석하였다. 대입경 혼합물에는 일반 밀입도 혼합물에 비하여 혼합물내의 공극이 크기 때문에 필러의 양을 적절하게 조절함으로써 안정된 혼합물을 구성할 수 있기 때문이다.

표 4는 100mm 몰드를 사용하여 배합설계를 실시한 결과이다. WC-3 입도 혼합물과 LS-25 입도 혼합물은 동일한 최적 아스팔트 량을 나타내었으며 SMA는 7.2%로 나타났다. 이 결과는 그림 5에 비교하여 도시하였다. 그림 6은 각 혼합물 종류에 따라 공극률의 변화를 도시한 것이다. 공극률은 WC-3 혼합물, LS-25 혼합물, SMA의 순서로 공극률이 커지고 있는 것으로 나타났다.

그림 7은 안정도시험 결과이다. 안정도는 WC-3 혼합물이 LS-25 혼합물에 비하여 크게 나타났으나 대입경 혼합물의 안정도는 모두 시방규정 이상을 상회하고 있다. LS-25 혼합물은 아스팔트 함량의 변화에 안정도가 크게 변화하지 않고 있어서 안정도가 아스팔트보다는 골재의 골격구조에 의해서 영향을 받고 있는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 대입경 혼합물은 혼합물의 구성 메카니즘상 온도변화에, 특히 여름철의 고온하에서는 아스팔트 바인더의 점성이 낮아지기 때문에 아스팔트 바인더의 영향보다는



표 4. 표층 배합설계 결과 (100mm 몰드)

WC-3					
아스팔트함량 (%)	공극률 (%)	VMA (%)	포화도 (%)	안정도 (kg)	흐름치 (0.1mm)
4.0%	5.74	15.01	61.79	2291	27
4.5%	4.63	15.11	69.37	2511	22
5.0%	2.37	14.20	83.29	2089	21
5.5%	1.73	14.76	88.29	1781	20
6.0%	0.68	14.91	95.43	1478	20
OAC				4.6%	
LS-25					
아스팔트함량 (%)	공극률 (%)	VMA (%)	포화도 (%)	안정도 (kg)	흐름치 (0.1mm)
3.5%	7.35	15.40	52.27	1265	27
4.0%	5.38	14.71	63.38	1237	27
4.5%	4.56	15.06	69.73	1199	22
5.0%	3.91	16.94	76.93	973	27
5.5%	3.04	15.88	80.84	971	25
OAC				4.6%	
SMA					
아스팔트함량 (%)	공극률 (%)	VMA (%)	포화도 (%)	안정도 (kg)	흐름치 (0.1mm)
6.8%	3.61	19.05			
7.2%	2.87	19.24			
7.6%	2.73	19.94			
OAC				7.2%	

표층용아스팔트혼합물 공극률 비교

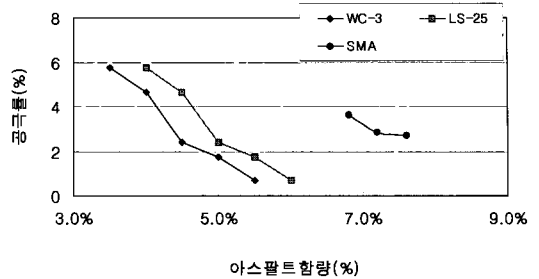


그림 6. 각 혼합물의 공극률 변화

표층용아스팔트 혼합물의 안정도 비교

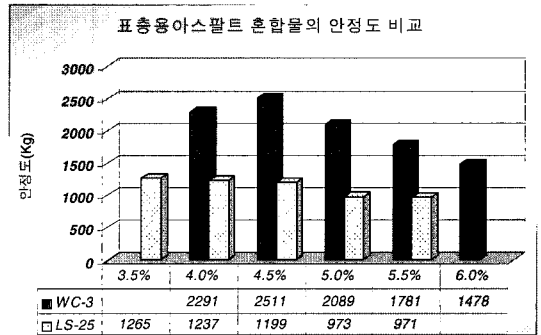


그림 7. 안정도시험 결과

골재의 골격구조에 의해서 하중전달이 발생하기 때문에 골격 구조가 우수한 대입경 혼합물이 소성변형 저항성이 클 것으로 예상된다.⁽⁵⁾

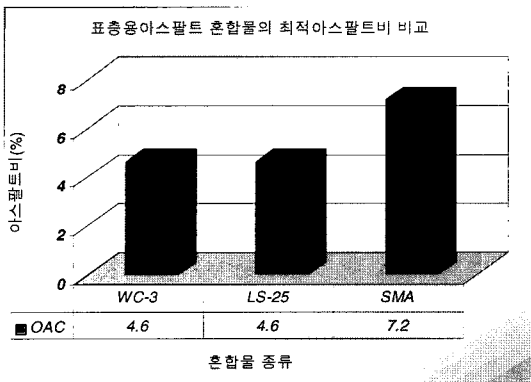


그림 5. 각 혼합물의 최적 아스팔트량 비교

4.3.3 기층 배합설계 결과

기층 배합설계에는 최대 골재의 크기를 고려하여 150mm 몰드를 사용하여 배합설계를 실시하였다. 필러의 함량을 3%로 하여 배합설계를 실시하였는데 최적 아스팔트비는 4.0%로 나타났다. 표 5.는 배합설계 시험 결과이다.

표 5. 기층 배합설계 시험 결과 (150mm 몰드 사용)

LS-40					
아스팔트함량 (%)	공극률 (%)	VMA (%)	포화도 (%)	안정도 (kg)	흐름치 (0.1mm)
3.2%	6.64	14.10	52.89	2118	41
3.6%	6.21	14.59	57.44	1987	42
4.0%	5.76	15.06	61.74	2032	36
4.4%	4.88	15.14	67.79	2085	38
4.8%	4.69	15.84	70.39	1843	36
OAC				4.0%	



4.4 역학시험 및 결과분석

대입경 혼합물의 소성변형, 교통하중 재하시의 탄성 복원력 및 균열특성과 같은 역학적 특성을 분석하기 위하여 영국 노팅햄 대학의 S. F. Brown 교수가 개발한 Nottingham Asphalt Tester를 사용하여 크리프 시험, 회복탄성계수 및 간접인장강도 시험을 실시하였다. NAT는 포장이 공용 중에 겪는 다양한 온도 (0~60°C)를 조절하여 소성변형과 균열특성 및 회복탄성계수를 측정할 수 있는 도로포장용 시험장비로 용도가 매우 다양한 시험장비이다.

시험에 사용한 표층혼합물은 시험시공에 사용한 WC-3 입도 혼합물(현재 한국도로공사의 표층 혼합물 입도규정)과 LS-25 혼합물, SMA 및 CRM 혼합물을 비교하였으며, 기층 혼합물로는 시험시공 당시 사용한 LS-40 혼합물 및 C 개질 혼합물을 비교하였다.

4.4.1 크리프 시험

크리프시험은 60°C에서 비구속 반복시험으로 실시하였다. 시험 실시 전에 공시체를 2시간 동안 온도 양생실에서 양생을 실시하여 공시체의 온도가 전체적으로 평형이 되도록 하였다. 공시체에 250kPa의 수직하중을 3,600초 동안 가하고 이후 4,500초까지 하중을 제하하여 이때 발생한 영구변형량을 측정하여 각 혼합물의 영구변형 특성을 비교 분석하였다.

그림 8 및 그림 9는 표층 및 기층으로 사용한 각 혼합물의 크리프 시험결과를 도시한 것이다. 표층의 시험결과는 LS-25 혼합물이 WC-3 및 CRM 혼합물에 비하여 영구변형이 작게 나타나서 소성변형에 저항성이 클 것으로 판단된다. 또한, 기층에 사용한 LS-40 혼합물도 C개질 아스팔트 혼합물 기층에 비하여 영구변형량이 작게 나타나서 소성변형에 우수한 혼합물로 판단된다.

크리프시험결과

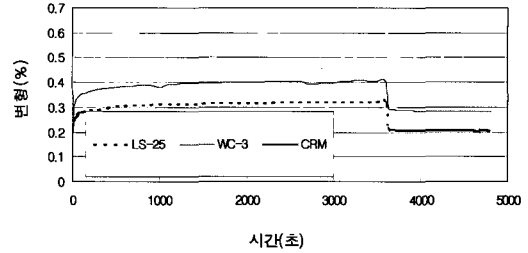


그림 8. 표층의 크리프 시험결과

크리프시험결과

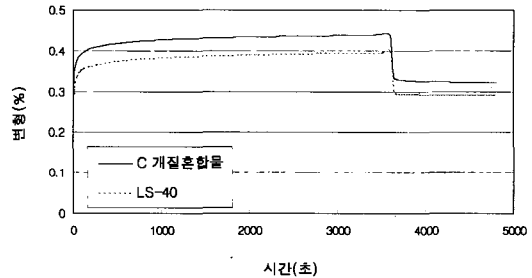


그림 9. 기층의 크리프 시험결과

4.4.2 회복탄성계수 시험

회복탄성계수시험은 ASTM D 4123의 규정에 따라 5°C, 25°C 및 40 °C에서 실시하였다. 그림 10 및 그림 11은 표층 및 기층 혼합물의 회복탄성계수시험 결과이다.

회복탄성계수시험결과

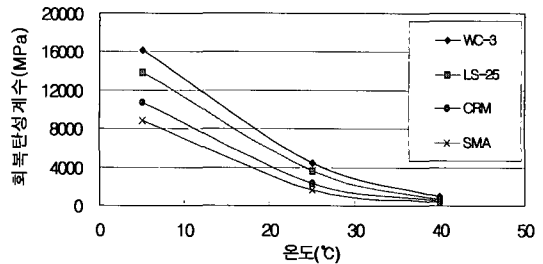


그림 10. 표층 혼합물의 회복탄성계수 시험결과

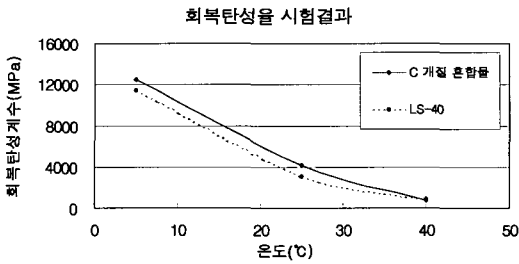


그림 11. 기층 혼합물의 회복탄성계수 시험결과

그림 10의 결과에서 볼 수 있는 것처럼 저온에서 LS-25혼합물의 회복탄성계수가 WC-3혼합물에 비하여 낮기 때문에 저온 균열발생의 우려가 작으며, 온도변화에 따라 계수의 변화율이 WC-3에 비하여 완만하여 감온성도 우수한 것으로 판단된다. 한편, LS-25와 SMA혼합물을 비교하였을 때 SMA혼합물이 LS-25에 비하여 저온에서 균열발생 우려가 작으나 감온성은 비슷한 것으로 나타나서 경제성을 고려할 때 LS-25혼합물이 더 유리한 것으로 판단된다.

4.4.3 휠 트래킹 및 라벨링 시험

소성변형에 대한 저항성과 저온에서 체인에 의해 발생하는 포장의 벗겨짐 (박리)현상에 대한 저항성을 평가하기 위해서 휠 트래킹 및 라벨링 시험을 실시하였다. 시험 결과 대입경 혼합물의 동적안정도는 6,416회/mm로, 현재 고속도로용으로 사용하고 있는 혼합물은 915회/mm로 나타나서 대입경 혼합물의 동적안정도가 약 7배 정도 높았으며, 라벨링 시험에 의한 마모량

표 6. 휠 트래킹시험 및 라벨링시험 성과비교

항 목	구 분		고속도로용 (WC-3)	대입경 (LS-25)
	단위			
아스팔트 함량	%		5.3	3.9
휠트래킹시험	변형률	mm/분	0.0524	0.0066
	동적안정도	회/mm	915	6,416
라벨링시험	마 모 량	cm	0.457	0.601

은 대입경 혼합물이 0.144cm가 큰 것으로 나타났으나 차이가 미소하였다.

5. 현장 시험시공

5.1 시공개요

대입경 혼합물의 현장 시공성 및 공용성 평가를 위하여 경인고속도로 확장공사구간에 시험시공을 실시하였다. 기층공사는 1999년 10월 20일에 실시하였으며, 시공 당시 기온은 22°C이었으며 공사는 오후 1시경에 시작하여 5시경에 종료하였다. 표층시공은 10월 26일에 실시하였으며, 기온은 19°C이었고 시공시간은 기층과 동일한 시간이 소요되었다. 시공구간의 지반조건은 대성토 구간으로 약 14m의 성토를 실시한 곳으로서 인천-인천간 6차로 확장공사구간 STA.2+710~STA.2+890(상행선), 연장 180m(인천광역시 남구 용현5동 294번지 앞)에서 시험시공을 실시하였다.

5.2 혼합물의 생산

혼합물의 생산은 현장으로부터 20km 떨어진 플랜트에서 제조하였으며, 실내배합설계에서 도출된 배합을 현장배합으로 조정하여 생산하였다. 실내배합시험에서의 최적 아스팔트량은 기층 4.0%, 표층 4.6%로 나타났으나 현장배합에서는 기층 4.0%, 표층 4.9%로 나타나서 아스팔트비를 조정하여 혼합물을 생산하였다.

생산된 혼합물은 출하 전에 배합의 상태와 외관을 검사하였으며, 역학시험에 필요한 시료를 채취하였다. 출하시의 혼합물의 온도는 155°C에서 165°C의 범위였다.

채취한 혼합물은 기층용으로 C개질 아스팔트 혼합물, 대입경 혼합물(LS-40)이며, 표층용은 밀입도 혼합물(WC-3), SMA 및 대입경 혼합물(LS-25)이다.



플랜트에서 관찰 결과 대입경 혼합물의 혼합 시간이 일반 밀입도 혼합물에 비하여 약간 긴 시간이 소요되었으며, 믹서 배출구에서 약간의 재료분리현상이 발생하였으나 트럭 적재함에서는 재료분리가 크게 관찰되지는 않았다. 대입경 혼합물의 재료분리현상은 외국의 시공보고에서도 나타나고 있으나 포설중 피니셔의 속도를 조절하고 주의를 기울이면 쉽게 해결할 수 있는 것으로 보고되어 있다.^(7,8)

5.3 시험시공

5.3.1 시공단면

시험시공연장 180m를 그림 12와 같이 기층에 대입경 혼합물(LS-40)과 일반 혼합물(BB-4에 C를 첨가)을 포설하고, 표층에는 일반 밀입도 혼합물(WC-3), SMA, 대입경 혼합물(LS-25)을 조합하여 포설하고 향후 추적조사를 통하여 공

표 층	1 차 로	2 차 로	3 차 로	
	일반 WC-3	일반 WC-3	일반 WC-3	
기층2층	대입경 혼합물	대입경 혼합물	일반 혼합물	10cm
기층1층	LS-40	LS-40	BB-4 (C 개질 혼합물)	10cm

표 층	1 차 로	2 차 로	3 차 로	
	SMA 혼합물	대입경 LS-25	대입경 LS-25	
기층2층	대입경 혼합물	대입경 혼합물	일반 혼합물	10cm
기층1층	LS-40	LS-40	BB-4 (C 개질 혼합물)	10cm

(주) 시험시공 연장 180m 중 표층은 위 그림과 같이 절반씩 혼합물을 변경하여 시공하고 추적조사중임.

- WC-3 : 밀입도 아스팔트 혼합물(최대골재 크기 19mm)
- SMA : 쉐석 매스틱 아스팔트 혼합물(최대골재 크기 19mm)
- LS-25 : 대입경 혼합물(최대골재 크기 25mm)
- BB-4 : 아스팔트 안정처리 기층 혼합물(최대골재 크기 30mm)

그림 12. 시험시공 단면

용성을 조사하기 위해서 현장 해당구간에 표지를 설치하였다.

5.3.2 시공장비

다짐에는 머캐덤롤러(12톤, SAKAI), 타이어 롤러(12톤, Dynapac P20W), 탠덤 롤러(12톤, SAKAI)를 사용하여 각 층 1차다짐에 머캐덤 4회, 2차다짐에 타이어 10회, 마무리다짐에 탠덤 4회를 실시하였다. 1차 다짐시 혼합물의 온도는 130°C로 약간 높게 측정되었다.

5.3.3 다짐도

시공후 양생을 완료하고 포장체로부터 코어를 채취하여 밀도를 측정하고 다짐도를 확인한 결과 표 7과 같다.

표 7. 코아시료의 밀도 측정 결과

시료번호	실측밀도(g/cm ³)	다짐도(%)	기준밀도(g/cm ³)
LS 25-1	2.322	100.2	2.317
LS 25-2	2.314	99.8	
LS 25-3	2.325	100.3	
LS 40-1	2.310	99.7	
LS 40-2	2.319	100.1	
LS 40-3	2.270	98.0	
LS 40-4	2.328	100.5	2.316
LS 40-5	2.295	99.1	
LS 40-6	2.324	100.3	

5.4 현장 관찰

대입경 혼합물의 포설 중에 다소간의 재료분리현상이 발견되었다. 재료분리현상은 외국의 시공사례에서도 보고되고 있는데 본 시험시공에서는 일반 혼합물을 시공할 때에 비하여 피니셔의 회전속도를 낮추어 재료분리현상을 줄여 성공적인 시공을 이룰 수 있었다. 교통을 개방한 후 표면의 관찰결과도 매우 양호한 것으로 평가되었다.



시험 시공후 많은 시간이 경과되지 않아 현재로서는 공용성을 공정하게 평가할 수 없는 실정이다. 시험 시공후 2개월이 경과 된 시점에서 현장을 방문한 결과 시공 당시 우려했던 굵은 골재의 탈락이나 이탈현상이 발견되지 않았으며 지속적인 교통하중의 다짐으로 인하여 시공 당시에 비하여 표면이 더욱 안정화되어 가는 것을 관찰할 수 있었다.

6. 결 론

교통량의 증가와 차량의 중량화로 인하여 전국 도로의 소성변형 문제가 심화되고 있다. 본 연구에서는 표층 혼합물의 최대골재크기를 25mm로, 기층 혼합물의 크기를 40mm로 사용하고 표준마찰시험, 수정마찰시험 및 역학시험을 실시한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

(1) 소성변형이 우려되는 포장에서 골재의 최대치수를 크게 한 대입경 혼합물은 골재의 맞물림 작용이 우수하여 소성변형 방지에 효과적이다.

(2) 크리프시험 및 휠 트래킹시험 결과 일반 혼합물 및 개질아스팔트에 비하여 영구변형량이 적고 동적안정도가 우수하여 소성변형에 대한 저항성이 큰 것으로 나타났다.

(3) 대입경 혼합물은 아스팔트 비의 변화에 안정도의 변화가 심하지 않기 때문에 안정도가 아스팔트보다는 골재의 골격구조에 의해서 영향을 받고 있는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 대입경 혼합물은 혼합물의 구성 메카니즘상 온도변화, 특히, 여름철 고온하에서 소성변형에 대한 저항성이 클 것으로 예상된다.

(4) 표층 혼합물의 회복탄성계수시험 결과 저온에서는 회복탄성계수가 작아 밀입도 혼합물에 비하여 균열 발생우려가 적고, 온도 변화에 따른 계수의 변화율이 낮아 감온성도 우수한 것으로 나타났다.

로 나타났다.

(5) 시험시공 결과 대입경 혼합물을 제조하고 포설하는 데에는 별도의 장비가 필요치 않아 보급 및 적용에 어려움이 없고 실용화가 가능한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 박태순, 고석범, 김수삼, "국내 아스팔트포장의 소성변형으로 인한 유지보수비용 및 문제점 조사에 관한 연구", 한국도로포장공학회, 창립기념 99 학술발표회 논문집, 학술발표 99-1, 1999, 11.12. pp.69-74.
2. Roberts 외 3인, "Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction" National Center for Asphalt Technology, 1996, pp.423-430.
3. ASTM D 5581-96, "Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (6 inch Diameter Specimen)", 1996.
4. Elian, A. A. "Dubai Experience in Development of Large Stone Asphalt Mixtures" Mechanical Testa for Bituminous Mixes, Characterization, Design and Quality Control, Proceedings of the 4th International RILEM Symposium, Budapest, 23-25 Oct. 1990.
5. Kandhal, S. P. "Large Stone Asphalt Mixes : Design and Construction", NACAT Report No. 90-4, Feb. 1990.
6. Kandhal S. P., "Testing and Evaluation of Large Stone Mixes Using Marshall Mix Design Procedures", NCAT Report No. 89-4, Nov. 1989.
7. Kandhal, S. P., "Using of Large Stone Asphalt Mixes to Minimize Rutting", NCAT Report No. 90-1, Jan. 1990.
8. 林 正樹 외 4인, "大粒徑アスファルト舗裝を中心とした 特殊舗裝の 試験施工について", 舗裝, 1994, 9월호.
9. 山名 良 외 2인, "大粒徑舗裝の試験的施工", 舗裝, 1993, 11월호.