

## 섬유활용 아스팔트 콘크리트의 실험적 공용특성평가

### Evaluation of Laboratory Performance Characteristics of Fiber-Reinforced Asphalt Concrete

김 낙 석\*

Kim, Nakseok

#### Abstract

The optimum fiber and asphalt binder contents were decided on the base of the Mashall mix design method. To compare the mechanical characteristics between the conventional(dense-graded 20) and the fiber-reinforced mixtures, indirect tension tests were conducted under three temperatures(5, 20, 60℃). In particular, the wheel tracking tests were performed to evaluate the rutting resistances of the mixtures. Test results showed that the indirect tensile strength of fiber-reinforced asphalt concrete was higher than that of conventional one. The toughness of fiber-reinforced mixture was 1.27 to 1.97 times higher than that of conventional one, depending upon the temperature. In addition, the results of wheel tracking tests and the retained indirect splitting tension tests conducted at 60℃ revealed that the resistance to permanent deformation of fiber-reinforced mixture was stronger than that of the conventional one.

**Key words** : fiber, asphalt mixture, resistance, toughness, indirect tensile strength, rutting.

#### 요 지

본 연구에서는 마샬 배합설계법을 이용하여 섬유와 아스팔트 바인더의 적절한 양을 결정한 후 마샬 공시체를 제작하였다. 제작된 공시체를 이용하여 3단계의 온도(5, 20, 60℃)하에서 간접인장강도 시험을 수행한 후 물성을 측정하여 기존의 아스팔트 혼합물(밀입도 20)과 섬유보강 아스팔트 혼합물 사이의 기계적 특성을 비교 분석하였다. 특히 혼합물의 소성 변형에 대한 저항성을 평가하기 위하여 휠트래킹 시험을 실시하였다. 시험결과 전체적으로 재래식 밀입도 20 아스팔트 혼합물보다 섬유보강 아스팔트 혼합물의 간접인장강도가 높은 것으로 나타났으며, 특히 인성(Toughness)값은 시험온도에 따라 1.27~1.97배 높게 나타났다. 또한 본 연구에서 수행되어진 60℃에서 휠트래킹 시험과 잔류 간접인장강도 시험에 대한 특성은 하절기의 고온 다습한 기후하에서 재래식 밀입도 20 혼합물보다 섬유보강 아스팔트 혼합물의 소성변형에 대한 저항성이 우수할 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 섬유, 아스팔트 혼합물, 저항성, 인성, 간접인장강도, 소성변형

\* 정회원, 경기대학교 토목환경공학부 부교수

## 1. 서 론

본 연구에서는 Kevlar라는 섬유를 아스팔트 콘크리트 혼합물에 첨가하여 생산되는 섬유보강 아스팔트 콘크리트 혼합물의 소성에 대한 저항성과 반복인장에 대한 연성(Ductility)의 증진 가능성을 평가하고자 한다. 이 때 반복 인장하중에 대한 저항성은 예상 파괴면에서 발생하는 미세한 섬유의 저항으로 인하여 개선될 수 있을 것으로 예상된다. 한편 국내에서 도입해서 사용하고 있는 SMA(Stone Mastic Asphalt) 포장에서는 실제로 혼합물 무게 기준으로 약 0.2%의 셀룰로오즈 섬유를 사용하여 혼합하고 있다. 그러나, 이때 사용되는 섬유의 주요 기능은 SMA 혼합물내의 아스팔트 시멘트가 도로 하부로 흘러내림을 방지하기 위한 것이다. 본 연구에서 사용하고자 하는 섬유의 주목적은 SMA 혼합물내의 섬유와 달리, 혼합물내에서 소성변형과 피로파괴에 대한 저항성 증진을 주목적으로 하고 있다.

국내에서 연간 사용되는 아스팔트 콘크리트 양은 약 2,000만 톤으로 추산되며 이 중 약 10%에 해당되는 아스팔트 콘크리트 혼합물에 대하여 전체 혼합물의 약 0.1~0.2%만 사용하여도 연간 약 2,000~4,000톤의 Kevlar 섬유가 소비될 것으로 추산된다. 따라서, 본 연구를 통하여 정확한 혼합비율을 결정하고, 적절한 Plant 배합기술이 뒷받침될 수 있다면 산업 폐기물의 재활용, 소성변형 및 조기 피로파괴에 대한 저항성 향상이라는 복합적인 이점을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 먼저 적정 아스팔트 시멘트와 섬유의 양을 결정하기 위하여 마샬 배합설계를 실시하였다. 최적 아스팔트 바인더와 섬유의 양을 결정 후 정해진 양을 이용하여 시험 공시체를 만든 후 간접인장강도시험을 통하여 그 물성을 측정하여 기존의 아스팔트 혼합물과 섬유를 혼합물에 첨가한 섬유보강 아스팔트 혼합물과의 물성을 비교·검토하였다. 또한, 섬유보강 아스팔트 혼합물의 소성변형에 대한 저항성을 평가하기 위하여 휠트랙킹 시험을 실시하였다.

## 2. 사용재료 및 시험방법

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 아스팔트 시멘트

아스팔트 시멘트는 국내 L사의 AP-5(침입도 60~70)를 사용하였다. 본 연구에서 사용된 AP-5의 침입도(KS M 2252), 인화점(KS M 2010), 비중(KS M 2202), 신도(KS M 2254), 트리클로르 에탄 가용분 시험(KS M 2256) 등에 대한 시험결과는 Table 1과 같다(Robert et al., 1996; 아스팔트 포장 연구회, 1999).

#### 2.1.2 골재와 섬유

굵은골재는 최대치수가 19mm와 13mm인 I사의 부순 모래를 사용하였고, 잔골재는 골재의 치수가 6mm 이하인 I사의 부순 모래와 Y사의 자연사를 사용하였으며, 채움재는 골재 최대치수가 0.6mm인 K사의 채움재를 사용하였다. 골재의 체가름 시험(KS F 2502), 골재의 비중 및 흡수량 시험(KS F 2503, KS F 2504), 골재의 단위중량 시험(KS F 2505), 굵은골재의 마모 시험(KS F 2508), 골재의  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 에 의한 안정성 시험(KS F 2007)으로 얻어진 각 골재의 물리적 성질에 대한 시험결과는 Table 2와 같다(건설부, 1996).

섬유는 (주)Dupont에서 생산된 Kevlar를 아스팔트 콘크리트 혼합물에 혼입하였으며, 사용할때의 Kevlar는 8mm 길이를 가진 Staple 상태에서 사용되었다. 사용된 섬유의 물리적 성질에 대한 시험결과는 Table 3에 나타낸 바와 같다(Dupont, 1999).

### 2.2 시험방법

#### 2.2.1 섬유(Kevlar) 첨가량 및 최적 아스팔트함량 산정방법

아스팔트 포장의 배합설계는 일반적으로 마샬 배합설계 방법이 사용되고, 마샬 배합설계 방법에는 NAPA 방법과 미국 아스팔트협회 방법이 있으며, 본 연구에서는 섬유 첨가량과 아스팔트 함량의 결정을 위하여 NAPA 방법을 사용하였다. 마샬 배합설계로부터 Density, Air voids, VFA, VMA, Stability, Flow를 측정하게되며, VFA는 아스팔트 시멘트로 채워진 VMA체적에 대한 백분율을 그리고 VMA는 공극을 가지고 있는 다져진 포장혼합물의 골재입자사이의 빈 공간의 체적과 골재에 흡수

**Table 1. Properties of asphalt cement(AP-5)**

Asphalt Type	Specific Gravity, 25°C	Penetration, 25°C, 100g, 5sec	Ductility, (cm)	Flash Point, (°C)	Pen. Ratio after TFOT, (%)	Ductility after TFOT, (cm)	Solubility in Trichlorethylene, (%)
Spec. of KS	min. 1.01	60~70	min. 100	min. 230	min. 52	min. 50	min. 99.0
AP-5	1.030	68	150 +	347	68	145	99.7

**Table 2. Physical properties of aggregate**

Aggregate Type	Item	Specific Gravity	Absorption (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Abrasion Loss (%)	Stability Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)
Coarse Aggregate	Specification	min. 2.54	max. 3.0	min. 1250	max. 35	max. 12
	19 mm	2.654	0.64	1501	21.9	3.27
	13 mm	2.625	0.74	1371	31.4	3.06
Fine Aggregate	Item	Specific Gravity	Absorption (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Stability Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	
	Specification	min. 2.45	max. 3.0	min. 1,250	max. 10	
	6 mm	2.604	0.93	1,697	2.93	
	Natural Sand	2.576	1.08	1,292	2.94	
Filler	Item	Specific Gravity		Moisture Content (%)		
	Specification	min. 2.6		max. 1.0		
	Result	2.708		0.4		

**Table 3. Physical properties of Kevlar**

Tensile strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Modulus (kgf/cm <sup>2</sup> )	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Elongation at Break (%)
29,876	632,201	1.44	3.6

되지 않은 아스팔트의 체적을 말한다(Robert et al., 1996; 아스팔트 포장 연구회, 1999).

섬유의 첨가량을 결정하기 위하여 아스팔트 포장의 표층용(밀입도 아스팔트 콘크리트 (20), 아스팔트 함량 5.1%)을 사용하여 첨가량을 전체 아스팔트 콘크리트 혼합물 중량기준 0.0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%의 섬유를 첨가하고 마샬 배합설계법(KS F 2337)으로 결정하였다. 공시체 제작은 직경 101.6mm, 두께 약 63.5mm, 중량은 약 1,200kg로 3개를 1조로 양면 75회씩 다짐하여 총 18개의 시험공시체를 제작하였다.

또한, 최적 섬유첨가량에 대한 최적 아스팔트 함량을 결정하기 위하여 5.0%, 5.5%, 6.0%의 아스팔트 함량에 대한 각 3개씩의 공시체를 제작하여 역시 마샬 배합설계법을 시행하였다. 따라서 최적 아

스팔트 함량을 결정하기 위하여 총 9개의 추가 공시체를 제작하였다. 섬유 첨가량과 최적 아스팔트 함량을 결정하기 위하여 사용된 공시체의 시험계획은 Table 4에 나타난 바와 같이 총 27개의 마샬 공시체가 사용되었다. 이 때 공시체에 혼합된 골재의 온도와 아스팔트 가열온도는 150°C로 관리하였고, 다짐온도는 140~147°C를 유지하였다(Asphalt Institute, 1995).

### 2.2.2 간접인장강도시험 및 휠트랙킹 시험

간접인장강도시험(ASTM D 4123)은 수직인장 시험편을 따라 평행하게 작용하는 압축하중을 원통형 공시체에 작용시킴으로서 수행된다. 거의 균일한 응력분포가 되도록 101.6mm 직경을 가진 공시체에 12.7mm 폭의 곡률을 가진 재하대가 사용된다. 공시

Table 4. Experimental design

Mashall Mix Design	Fiber Content (%)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	Number of Specimens	3	3	3	3	3	3
	Optimum Fiber Content Determination						
	Asphalt Content (%)	5.0		5.5		6.0	
	Number of Specimens	3		3		3	
Optimum Asphalt Binder Content Determination							
Indirect Tensile Strength Test	Temp. (°C)	5		20		60 (30 minuets of soak)	60 (48 hours of soak)
	Mix Type	Dense-Graded 20		Fiber-Reinforced			
		3		3		3	
		3		3		3	
Wheel Tracking Test	Temp. (°C)	60					
	Mix Type	Dense-Graded 20					
		2					
		Fiber-Reinforced					
		2					

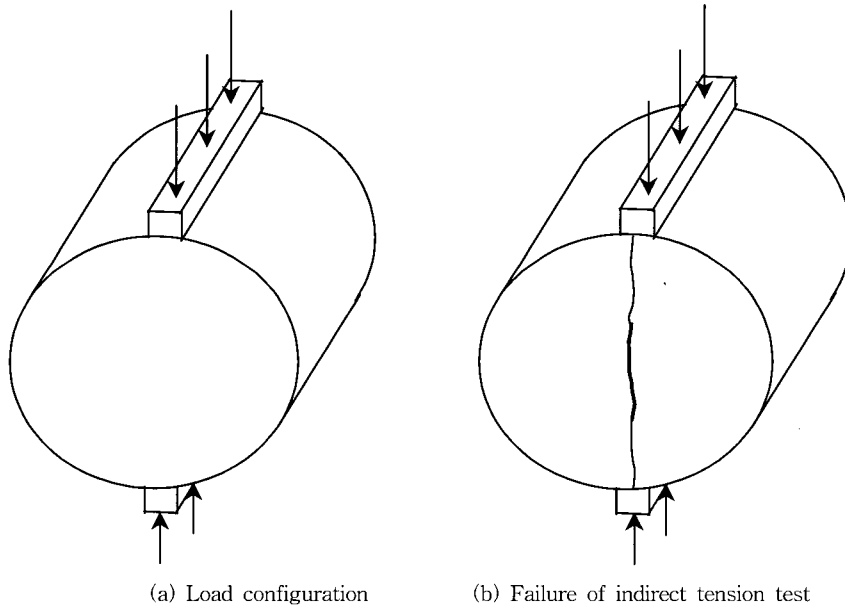


Fig. 1. Load configuration and failure of indirect splitting tension test.

체는 저온 특성을 위하여 5°C, 중간 온도인 20°C, 고온인 60°C에서 24시간 경과 후 압축시험기를 사용하여 간접 인장강도 시험을 수행하였다. 간접인장강도 시험은 50.8mm/min의 변형속도와 세가지의 온도에서 수행되었다. 또한, 잔류 간접인장강도를 조사하기 위하여 60°C에서 각각 30분과 48시간 수침 시킨 후 간접인장강도를 측정하였다. Fig. 1은 간접인장강도시험의 하중 재하상태와 파괴시의 간접인장강도시험 장치를 나타내는 그림이다.

본 연구에서는 Table 4의 시험계획에서 볼 수 있듯이 간접인장강도시험에 총 24개의 공시체를 사용하였다. 또한, 두 가지 혼합물 (밀입도 아스팔트 콘크리트 (20)와 섬유보강 아스팔트 콘크리트)의 소성변형에 대한 저항성을 비교평가하기 위하여 휠트랙킹 시험을 실시하였다. 본 시험은 60±0.5°C에서 수행되었으며 차륜접지압은 70±1kg, 시료의 크기는 30×30×5cm (가로×세로×높이)의 크기를 가진 시료가 사용되었다(김낙석 et al. 2001).

### 3. 시험결과 및 분석

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot t} \quad (1)$$

#### 3.1 섬유(Kevlar) 및 아스팔트 시멘트의 최적 첨가량 산정

아스팔트 포장 표층용(밀입도 아스팔트 콘크리트 (20), 아스팔트 함량 5.1%)을 사용하여 섬유 첨가량을 전체 아스팔트 콘크리트 중량기준 0.0%, 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5%를 첨가하여 마샬 배합설계법(KS F 2337)으로 결정하였다. 이 때 1조당 3개씩의 시료, 총 18개의 마샬 공시체가 사용되었다. Fig. 2는 마샬배합설계에 의한 섬유보강량에 따른 Density, Air voids, VFA, VMA, Stability, Flow 값의 변화를 나타낸 곡선이다.

시험결과에 의하면, Fig. 2에서 알 수 있듯이 섬유를 약 0.2% 첨가하였을 때에 마샬 배합설계 규정에 적합하면서 아스팔트 혼합물의 성질이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이러한 사실은 SMA 포장에서도 약 0.2%의 섬유량이 사용되고 있다는 사실과 유사한 결과를 보여주고 있다. 특히, 안정도에 있어서는 기존 밀입도 20 아스팔트 혼합물보다 약 117%가 우수한 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 전체 혼합물 중량비 0.2%를 최적 섬유량으로 결정하였으며, 다시 최적 섬유량에 대한 최적 아스팔트 함량을 결정하기 위하여 시험한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 0.2%의 섬유량에 대한 최적 아스팔트 함량은 5.5%로 결정되었다.

#### 3.2 간접인장강도 시험

간접인장강도시험은 아스팔트 혼합물이 균질(Homogeneous)하고 등방성(Isotropic)이며 탄성적(Elastic)이라는 가정하에서 물성을 평가하는데 사용되고 있다. 간접인장강도 시험에 사용될 아스팔트 혼합물은 재래식 밀입도 20 혼합물과 공시체 무게비 아스팔트 중량기준 섬유보강 (0.2%) 아스팔트 혼합물을 사용하였다. 두 가지 혼합물에 대한 시험 결과는 Table 4, 5에 나타낸 바와 같다. 그리고, Fig. 4 와 5는 각각 5℃, 20℃에서의 밀입도 20 아스팔트 혼합물과 섬유보강 아스팔트 혼합물의 간접인장강도시험시의 작용하중과 수직변형의 관계를 나타내는 그래프이다.

식 (1)은 파괴시 간접인장강도에 관한 계산식이 고, 식 (2)는 인성을 나타내는 식이다.

여기서,  $\sigma_t$ : 공시체 중앙에서의 간접인장강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

P : 작용 하중(kgf)

d : 공시체의 직경(10.16cm)

t : 공시체의 두께(cm)

$$\text{Toughness} = \int_0^{\epsilon_f} \sigma d\epsilon \quad (2)$$

여기서,  $\sigma$  : 응력

$\epsilon_f$  : 파괴시 변형률

인성 계산식 (2)와 같이 응력과 수평변형으로 계산하여야 하지만 시험 중 시료의 취성파괴로 인한 수평변형 측정상의 제약으로 인하여, 본 연구에서는 각각 작용수직하중과 수직변형으로 인성을 산정하였다.

Table 5, 6에서 알 수 있듯이 대체적으로 섬유보강 아스팔트 혼합물이 기존의 아스팔트 혼합물보다 간접인장강도가 약간 높은 것으로 나타났다. 특히, 고온인 60℃에서 섬유보강 아스팔트 혼합물의 간접인장강도가 2.76(kgf/cm<sup>2</sup>)으로 기존 아스팔트 혼합물의 간접인장강도 2.17(kgf/cm<sup>2</sup>)에 비해 약1.27배가 높은 것으로 나타났다. 한편, 파괴시의 변형량을 보면 5℃에서의 수직 변형률이 섬유보강 아스팔트 혼합물이 1.64mm이고 재래식 아스팔트 혼합물이 1.33 mm이다. 이것으로 섬유보강 아스팔트 혼합물이 약 1.23배 높게 나타남을 알 수 있다. 이것은 섬유보강 아스팔트 혼합물이 재래식 밀입도 아스팔트 혼합물보다 반복인장하중에 대한 저항성 즉, 피로파괴에 대한 저항성이 우수하게 발휘될 수 있음을 보여주고 있다.

또한, Fig. 6은 각각 5℃, 20℃, 및 60℃에서의 기존 아스팔트 혼합물과 섬유보강 아스팔트 혼합물의 인성값에 의한 차이를 나타내고 있다. 5℃에서는 섬유보강 아스팔트 혼합물이 밀입도 아스팔트 혼합물보다 약 1.31배 높은 인성을 나타냈으며, 20℃에서는 약 1.24배, 60℃에서는 약 1.97배가 높은 인성이 나타났다. 이러한 사실들을 종합하여 볼 때 섬유보강 아스팔트 혼합물이 기존의 밀입도 아스팔트 혼합물보다 피로파괴에 대한 저항성이 우수할 수

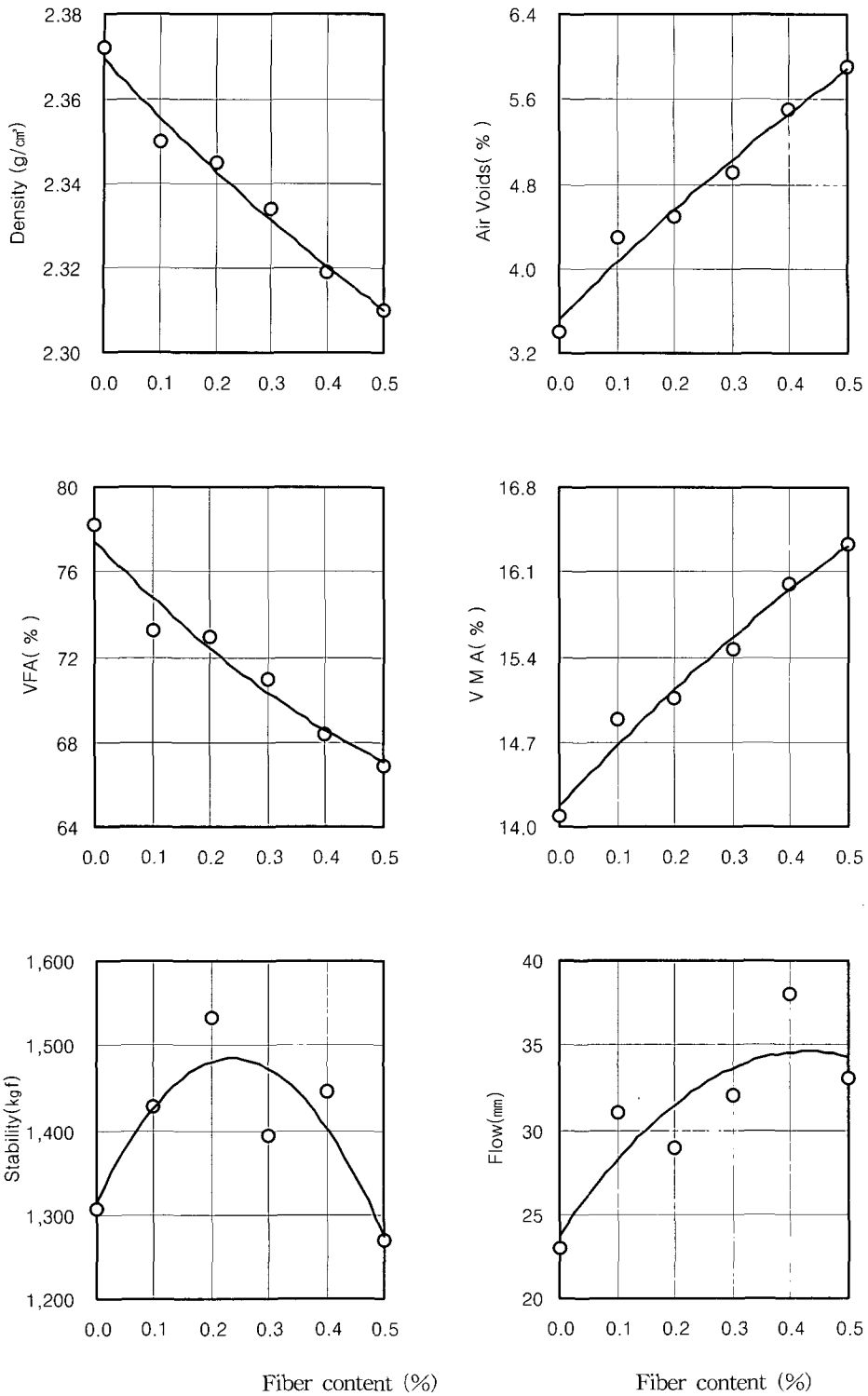


Fig. 2. Marshall mix design curves at different fiber content.

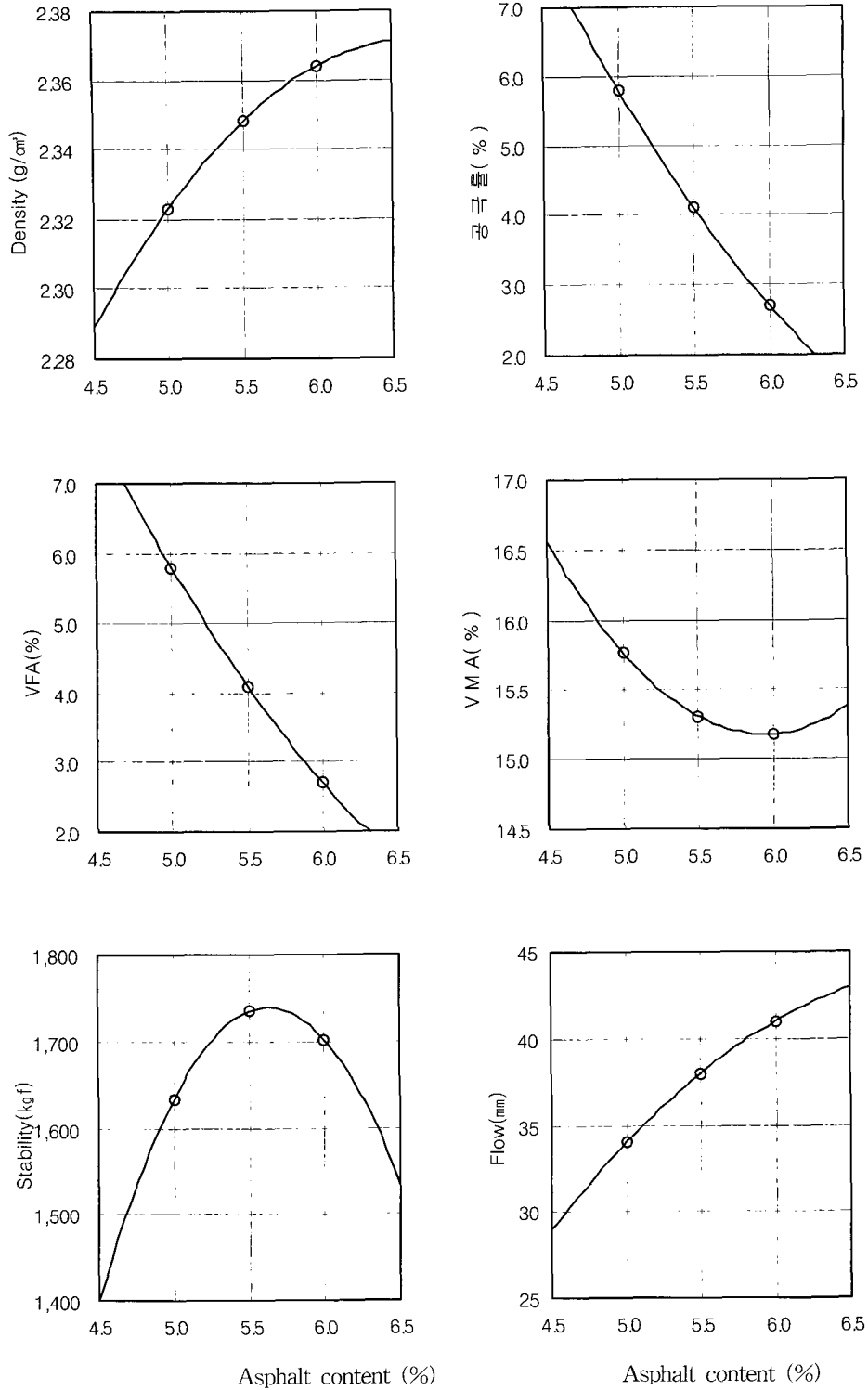


Fig. 3. Marshall mix design curves at different asphalt content.

Table 5. Test results of dense-graded 20 asphalt concrete (AP 5.1%)

Temperature (°C)	Item	Thickness (cm)	Density (g/cm³)	Vertical Deformation (mm)	Indirect Tensile Strength (kgf/cm²)	Toughness (N·m)
	Specimen					
5	1	6.28	2.401	1.48	37.18	28.36
	2	6.32	2.396	1.23	36.74	24.11
	3	6.27	2.398	1.29	36.85	25.13
	Avg.	6.29	2.398	1.33	36.92	25.87
20	1	6.34	2.394	1.52	15.09	12.43
	2	6.29	2.402	1.37	16.06	13.57
	3	6.20	2.405	1.50	15.43	12.23
	Avg.	6.27	2.400	1.46	15.53	12.74
60	1	6.32	2.392	6.71	2.05	2.11
	2	6.32	2.384	5.43	2.29	2.09
	3	6.31	2.387	6.83	2.18	2.12
	Avg.	6.32	2.388	6.32	2.17	2.11

Table 6. Test results of fiber-reinforced asphalt concrete (AP 5.5%)

Temperature (°C)	Item	Thickness (cm)	Density (g/cm³)	Vertical Deformation (mm)	Indirect Tensile Strength (kgf/cm²)	Toughness (N·m)
	Specimen					
5	1	6.43	2.370	1.63	38.49	33.86
	2	6.41	2.377	1.51	37.47	32.92
	3	6.38	2.363	1.78	39.63	34.74
	Avg.	6.40	2.370	1.64	38.53	33.84
20	1	6.34	2.366	2.31	18.74	16.94
	2	6.47	2.366	1.61	16.66	14.92
	3	6.54	2.372	1.72	16.95	15.56
	Avg.	6.45	2.368	1.88	17.45	15.81
60	1	6.41	2.368	9.36	2.85	4.27
	2	6.45	2.371	9.74	2.76	4.23
	3	6.27	2.362	8.43	2.66	3.94
	Avg.	6.38	2.367	9.27	2.76	4.15

있음을 간접적으로 암시하고 있다.

아스팔트 혼합물의 수침에 의한 역청재료와 골재간의 부착성 감소 즉, 수분 민감도를 평가하기 위해서 잔류 간접인장강도율을 측정하였다. 식 (3)은 잔류 간접인장강도율을 구하는 식이며 시험결과는 Table 7에 요약되어 있다.

잔류 간접인장강도율(%) =

$$\frac{60^{\circ}\text{C, 48 시간 수침 후 간접인장강도 (kg)}}{60^{\circ}\text{C, 30 분 수침 후 간접인장강도 (kg)}} \times 100 \quad (3)$$

Table 7에서 보면 잔류 간접인장강도율은 밀입도 20 아스팔트 혼합물이 93%이며, 아스팔트 함량



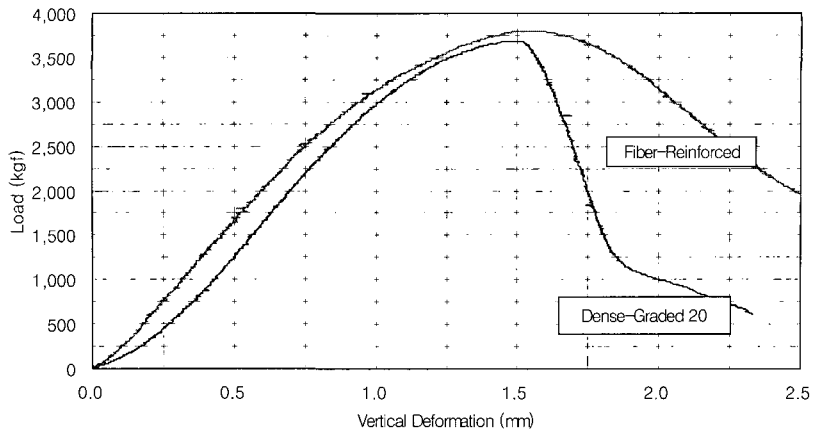


Fig. 4. Typical load-deformation curves of two mixtures at 5°C

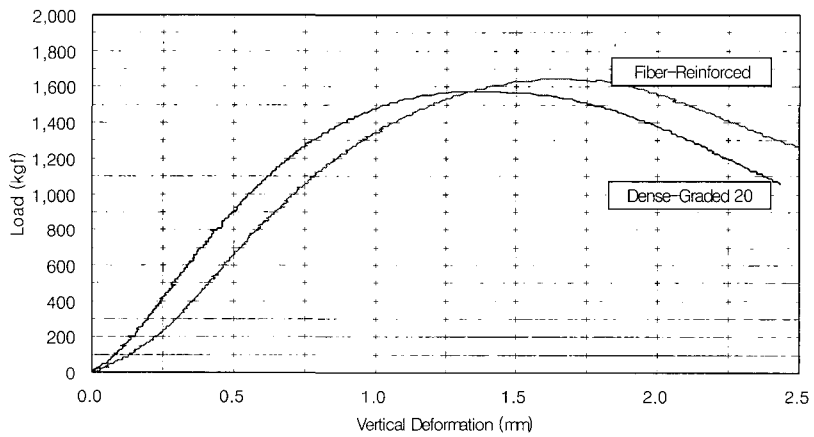


Fig. 5. Typical load-deformation curves of two mixtures at 20°C.

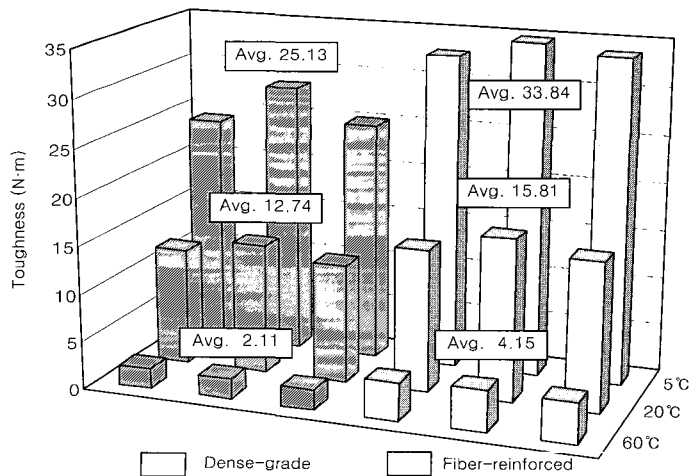


Fig. 6. Toughness comparison at different temperature

Table 7. Results of retained indirect tensile strength ratio from mixtures

Mixture Types	Items		Density (g/cm <sup>3</sup> )	Vertical Deformation (mm)	Indirect tensile Strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	Toughness (N · m)	Retained Indirect Tensile Strength Ratio (%)
	Test Condition						
Dense-Graded 20	60 °C, 30 min.		2.388	6.52	2.17	2.11	—
	60 °C, 48 hrs.		2.400	8.41	2.01	2.14	93
Fiber-Reinforced	60 °C, 30 min.		2.367	9.27	2.76	4.15	—
	60 °C, 48 hrs.		2.370	9.50	2.56	3.75	93

이 5.5%인 섬유보강 아스팔트 혼합물도 93%로 나타났다. 이것은 두 가지 혼합물이 모두 수분 민감도에 대하여 안정된 수치를 보이고 있음을 알 수 있다. 특히, 60°C, 48시간 수침 후 간접인장강도는 밀입도 20 아스팔트 혼합물보다 섬유보강 아스팔트 혼합물이 대체로 높았으며(약 1.2배), 인성에 있어서도 섬유 보강 아스팔트 혼합물이 밀입도 20 아스팔트 혼합물에 비해서 60°C, 48시간 후에도 비교적 높게 나타났다. 밀입도 20 혼합물의 수직 변형량은 60°C, 30분과 48 시간 수침 전·후를 비교할 때 약 1.33배 증가한 반면 섬유보강 혼합물은 거의 변동이 없음을 알 수 있다. 이러한 사실은 하절기의 고온 다습한 기후하에서 밀입도 20 혼합물은 소성변형에 대하여 매우 취약한 반면, 섬유보강 아스팔트 혼합물은 소성변형에 대한 저항성이 매우 우수할 것으로 판단된다.

### 3.3 휠트랙킹 시험

아스팔트 콘크리트는 고온에서 혼합물의 점성 거동을 하게 되고 저온에서는 탄성거동을 하게 된다. 국내 아스팔트 콘크리트 도로 포장에서는 고온 시 점성 거동으로 인한 소성변형이 가장 심각한 문제점으로 지적되어 왔으며, 소성변형을 저감시키기 위한 다양한 노력들이 시도 되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 아스팔트 콘크리트에 소성변형이 발생할 수 있는 최악의 조건을 인위적으로 만들어 준 상태에서 규정된 조건으로 시험을 실시하여 변형률과 동적 안정도를 측정하였다. 휠트랙킹 시험에 대한 결과를 정리하면 Table 8에 나타난 바와 같다.

Table 8에 나타난 바와 같이 섬유보강 아스팔트 콘크리트가 재래식 밀입도 혼합물보다 변형률이 63.2% 감소한 결과를 보여 동일한 조건에서 소성 변형에 2.7배 강한 저항성을 보이고 있다. 또한 동적 안정도 역시 섬유보강 아스팔트가 재래식 밀입도 혼합물보다 2.6배 높은 값을 보여 소성 변형에

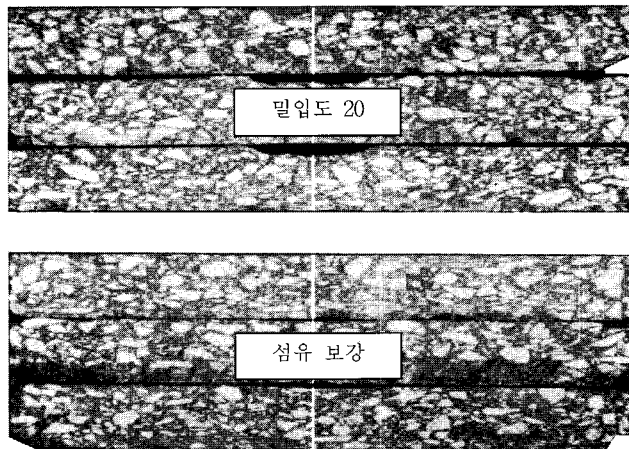


Fig. 7. Comparison of specimens after wheel tracking tests

Table 8. Results of wheel tracking tests

Items Mixture Type	Deformation (mm/min.)	Avg.	Dynamic Stability (Cycle No./mm.)	Avg.
Dense-Graded 20	0.053	0.068	798	653
	0.083		508	
Fiber-Reinforced	0.023	0.025	1850	1695
	0.027		1539	

대한 저항성이 높은 것으로 나타났다. Fig. 7은 휠 트랙킹 시험이 완료된 30×30×5cm 공시체 중앙부분을 절단하여 두 가지 혼합물의 소성변형량을 육안으로 비교설명하기 위하여 사진 촬영한 것이다. 재래식 밀입도 20은 중앙에서 심하게 변형이 발생한 반면 섬유보강 아스팔트 콘크리트는 소성변형량이 미미하게 발생된 것을 보여주고 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 재래식 밀입도 20 아스팔트 혼합물과 밀입도 20 혼합물에 0.2%의 Kevlar 섬유를 혼합한 섬유보강 아스팔트 혼합물의 기계적 특성을 간접인장강도 시험을 통하여 비교·평가하였다. 이를 근거로 아스팔트 혼합물에 섬유를 첨가하여 도로포장 재료로서 활용 가능 여부를 판정하기 위해 실행하였다. 이러한 연구목적에 따라 실험한 시험 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다.

1. 적정 섬유(Kevlar) 첨가량과 아스팔트 시멘트량을 결정하기 위하여 마찰 배합 시험을 수행한 결과 섬유 0.2%, 아스팔트 함량 5.5%를 첨가하였을 때에 마찰 배합설계 규정에 적합하면서 아스팔트 혼합물의 성질이 가장 우수한 것으로 나타났다. 특히, 안정도에 있어서는 재래식 밀입도 20 아스팔트 혼합물보다 약 117%가 우수한 것으로 나타났다.
2. 간접인장강도 시험결과 전체적으로 재래식 밀입도 20 아스팔트 혼합물보다 섬유보강 아스팔트 혼합물의 간접인장강도가 높은 것으로 나타났다. 특히, 60℃에서 섬유보강 아스팔트 혼합물의 간접인장강도가 2.76(kgf/cm<sup>2</sup>)으로 밀입도 20인 기존 아스팔트 혼합물의 간접인장강도 2.17(kgf/cm<sup>2</sup>)에 비해 약 1.27배가 높은 것으로 나타났다. 또한, 5℃에서의 인성은 밀입도 20 아스팔트 혼합물에 비해 섬유보강 아스

팔트 혼합물이 약 1.31배가 높게 나타났으며, 20℃에서는 약 1.24배, 60℃에서는 약 1.97배가 높게 나타났다.

3. 잔류 간접인장강도율은 재래식 밀입도 20 아스팔트 혼합물이 93%이고, 섬유보강 아스팔트 혼합물도 93%를 보였다. 또한, 60℃, 48시간 수침후 간접인장강도를 보면 섬유보강 아스팔트 혼합물이 밀입도 20 아스팔트 혼합물보다 비교적 높았으며(약 1.27배) 밀입도 20 혼합물의 수직변형량은 60℃, 48시간 수침전·후를 비교할 때 약 1.34배 증가한 반면 섬유보강 혼합물은 거의 변동이 없음을 알 수 있다. 이러한 사실은 하절기의 고온 다습한 기후하에서 재래식 밀입도 20 혼합물은 소성변형에 매우 취약한 반면, 본 연구에서 제시하고자하는 섬유보강 아스팔트 혼합물은 소성변형에 대한 저항성이 매우 우수할 것으로 판단된다.
4. 두 가지 혼합물에 대하여 각각 소성 변형에 대한 저항성을 측정하기 위하여 수행한 휠 트랙킹 시험 결과 섬유보강 아스팔트 콘크리트가 재래식 밀입도 20 혼합물보다 변형률과 동적 안정도에서 각각 2.7, 2.6배 높은 결과를 보였다. 이러한 결과는 앞에서 내린 소성변형에 대한 결론을 직접적으로 뒷받침하고 있으며 국내의 재래식 아스팔트 콘크리트포장 도로에서 가장 심각한 문제가 되고 있는 소성변형에 대한 문제를 해결할 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

#### 감사의 글

이 논문은 2000학년도 경기대학교 해외파견 연구비지원으로 연구되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

1. Robert, Kandhal, Lee and Kennedy, "Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction", NAPA Education Foundation, (1996).
2. "아스팔트 포장공학 원론", 아스팔트 포장 연구회, (1999).
3. 콘크리트 표준시방서, 건설부, (1996).
4. "SUPERPAVE Level 1 Mix Design", Asphalt Institute, SP-2, (1995).
5. "가열 아스팔트 혼합물의 배합설계지침", 아스팔트 포장연구회, (1998).
6. 김낙석, 임정순, 윤찬호, 조명환, "소성변형에 대한 섬유보강 아스팔트 콘크리트의 저항특성", 경기대학교 산업기술종합연구소 논문집 제21집, (2001).
7. 김낙석, 이우열, "페타이어 재활용 아스팔트 콘크리트의 역학적 특성", 한국자원리사이클링학회 논문집, Vol. 7, No. 2, (1998).
8. Dupont, "The Uncommon Material for Uncommon Solutions-Kevlar", (1999).