

다양한 개질 아스팔트 시멘트와 혼합물의 실험적 공용 특성 평가에 관한 연구

김 낙 석(경기대학교 토목환경공학부 교수),
임 정 순(경기대학교 토목환경공학부 교수),
박 현 식(경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정),
이 종 만(경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정)

A Study on Laboratory Performance Characteristics of Modified Asphalt Cements and Mixtures

Kim, Nak-seok · Im, Jung-Soon · Park, Hyun-Sik · Lee, Jong-Man

Abstract

The principal objective of this research is to evaluate the laboratory mechanical characteristics of color asphalt binders and mixtures. The dynamic shear rheometer (DSR) tests were performed to analyze the viscous and elastic behavior of asphalt binders. Various tests were also conducted to investigate the laboratory performance characteristics of color asphalt mixtures.

The test results revealed that the values of G^* and δ of modified color binders were higher than those of the conventional binders at low temperatures. These results are expected to increase the thermal cracking resistance of asphalt mixtures at low temperatures. It should be noted that the color asphalt mixtures with modified asphalt binder can be widely used as a common pavement material with a proper mix design.

[Key words : color asphalt binder, dynamic shear rheometer(DSR), mechanical characteristics, cracking resistance]

I. 서론

생활수준의 향상과 환경에 대한 인식의 변화로 인해 과거와는 달리 건설 구조물에 대한 환경적인 측면과 미적인 측면의 중요성이 높아지고 있다. 공원의 산책로, 보도, 운동경기장, 주차장 등에 깔라 아스팔트 콘크리트를 사용하여 포장함으로써 좀더 아름다운 환경을 조성하고, 횡단보도, 학교앞도로, 버스전용차로 등에 깔라 아스팔트 포장을 사용함으로써 도로 사용자에게 좀더 편리하고 안전한 사용성을 제공할 수 있다.

깔라 아스팔트 콘크리트는 유색골재의 사용, 일반아스팔트 포장 후 깔라 표면 처리 그리고 투명 아스팔트 바인더(Transparent Asphalt Binder)에 안료를 혼합하는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 다양한 색 아스팔트 포장 후 깔라 표면 처리 그리고 투명 아스팔트 바인더(Transparent Asphalt Binder)에 안료를 혼합하는 방법 등이 있다(조신행, 2003; 김주원 외, 1982). 본 연구에서는 다양한 색상을 내기에 적합한 투명 아스팔트 바인더를 사용하여 주로 보도용으로 사용되어 왔던 깔라 아스팔트 콘크리트의 물성을 개 선하여 차도용으로 사용하도록 바인더를 개질하였다.

본 연구의 주요목적은 새로이 개발한 투명바인더의 온도영역별 유변학적(Rheological) 특성을 파악하고 이를 근거로 깔라아스팔트 아스팔트 혼합물 실험을 실시하여 실내 공용특성을 평가하고자 한다.

기존의 차도용 투명 아스팔트 바인더는 균열에 대하여 취약한 면을 보여 왔다. 따라서 이러한 문제를 개선하기 위하여 3종류의 개질 투명 아스팔트 바인더를 제작하여 다양한 바인더 실험을 실시하여 가장 우수하다고 생각되어지는 바인더를 선정한 후 기존의 재래식 AP-5 바인더를 사용하여 제작한 13mm 밀입도 아스팔트 혼합물과 안료의 영향을 고려하기 위하여 3가지 색상의 안료를 사용한 깔라 아스팔트 혼합물을 제작하여 마찰 안정도와 간접인장 강도 실험을 실시하여 공용특성을 비교 평가하였다.

II. 바인더 실험

깔라 아스팔트 혼합물 제작에 사용되는 투명 아스팔트 바인더(Transparent Asphalt Binder)는 차도로 사용 될 수 있을 만큼의 소성변형, 피로균열 그리고 저온균열에 충분한 저항성을 가져야 한다. 이를 위하여 A-TYPE, TYPE-1, TYPE-2의 세 종류의 개질 투명 아스팔트 바인더를 제작하여 이들 바인더에 대하여 SHRP의 연구 결과인 Superpave 시방 규정과 KS 규격에 의하여 다양한 실험을 통하여 바인더의 공용특성을 평가하였다.

2.1. 침입도

국내에서 사용되고 있는 아스팔트 바인더의 분류는 침입도를 사용하고 있다. 침입도는 상온 25℃에서의 물성을 나타낼 뿐 온도의 변화에 따른 바인더의 물성을 나타낼 수 없고, 공용성능에 기초한 분류가 아닌 경험적인 분류법이다. 개질된 투명 아스팔트 바인더와 국내 S사의 AP-5의 침입도 실험 결과는 표 2-1과 같다. 3종류의 개질 투명 아스팔트 바인더는 AP-5 바인더와 비슷한 침입도 값을 가짐을 알 수 있다.

<표 2-1> 각 아스팔트의 침입도

종류	AP-5	A-TYPE	TYPE-1	TYPE-2
침입도	57.0	63.2	53.5	57.9

<표 2-2> 투명 아스팔트 바인더의 온도별 DSR 실험 결과

온도(℃) \ 종류	G*(dyn/cm ²)			δ (degree)		
	A-TYPE	TYPE-1	TYPE-2	A-TYPE	TYPE-1	TYPE-2
5	1.70E+08	1.64E+08	1.90E+08	46.073	46.314	47.201
25	7.11E+06	7.53E+06	6.08E+06	70.823	64.189	68.679
40	8.19E+05	9.13E+05	7.44E+05	71.059	63.844	68.375
60	6.51E+04	8.70E+04	6.47E+04	68.526	59.872	63.906

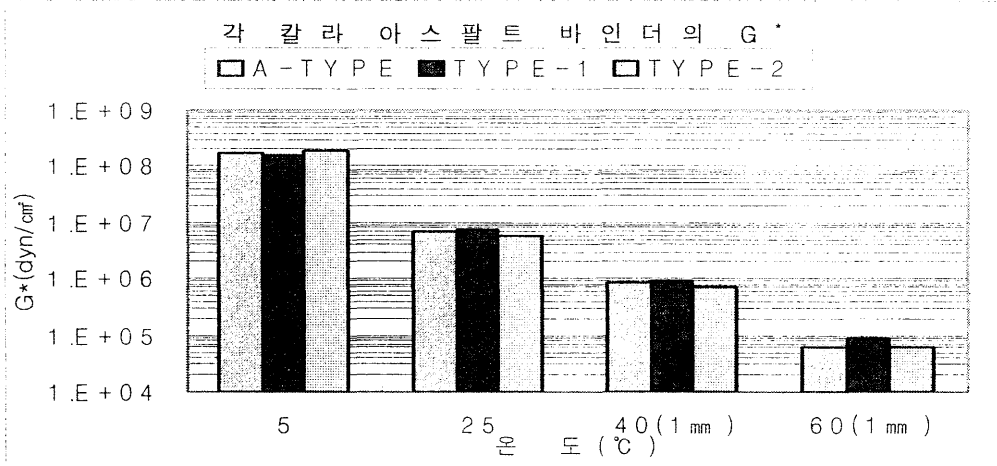
2.2. DSR(Dynamic Shear Rheometer)

SHRP(Strategic Highway Research Program) 계획에 의한 연구 성과인 Superpave(Superior Performing Asphalt Pavement)에서 사용되는 시험방법인 동적전단유동기(DSR)를 사용하여 고온과 중간 공용온도에서 아스팔트의 물성을 측정하여 소성변형과 피로균열에 대한 저항성을 측정하였다(Asphalt Institute, 1995; Hardin, J.C., 1995).

DSR실험은 G*(Complex modulus)와 δ(Phase angle)를 측정함으로써 아스팔트의 하중재하 시간과 온도에 따른 물성을 측정할 수 있다. 본 연구에서는 ARES 사의 장비를 사용하여 수행하였고, 온도는 5℃, 25℃, 40℃ 그리고 60℃에서 Superpave의 시방규정에 의하여 실시하였다. 5℃와 25℃에서는 8mm Plate에 시료의 두께 2mm를 적용하였고 40℃과 60℃에서는 25mm Plate에 시료의 두께는 1mm로 하여 실험을 실시하였다.

DSR 실험 결과 고온에서 TYPE-1이 다른 개질 투명 아스팔트 바인더에 비해 더 큰 G^* 값을 가지고 반대로 위상각은 작았다. 이는 고온에서 다른 개질 투명 아스팔트에 비하여 소성변형에 대한 저항성이 우수한 것을 나타낸다. Superpave 시방 규정에서는

<그림 2-1> 온도별 복합전단계수(Complex modulus)



고온(60°C)에서의 $G^*/\sin \delta$ 의 값이 1kPa 이상이 될 것을 요구하는데, TYPE-1의 경우는 10.3kPa의 높은 값을 나타냈다. A-TYPE과 TYPE-2 또한 7.13kPa와 7.35kPa의 값을 나타내 시방 규정을 만족하였다.

2.3. 아스팔트 바인더 노화 실험(Aging Test)

Superpave 시방 규정에 의하면 아스팔트의 단기노화(시공직후)를 모사하기 위하여 RTFO(Rolling Thin Film Oven)실험을 실시하여 시공단계에서의 아스팔트의 노화 저항성을 측정한다. 그러나 본 연구에서는 TFO(Thin Film Oven)를 사용하여 ASTM D 1754에 의하여 5시간 노화 시키는 방법을 사용하였다. 아스팔트의 장기노화(공용중인 아스팔트의 5~10년 정도 경과 후)를 모사하기 위하여 PAV(Pressure Aging Vessel)를 사용하였다. ASTM D 454에 의하여 TFO에서 단기노화를 거친 시료를 100°C의 온도에서 2,070kPa의 압력을 가한 상태에서 20시간을 경과 시켰다.

노화된 아스팔트는 DSR 실험을 실시하여 노화후의 바인더의 특성을 평가하였다. Superpave 시방 규정에 의하면 단기노화 후 소성변형에 대한 저항성으로 $G^*/\sin \delta$ 가 2.2kPa 이상으로 규정하고 있다. 소변형은 고온에서 발생함으로 60°C에서의 $G^*/\sin \delta$

값이 이 규정을 만족하여야 한다. 또한 피로에 대하여는 PAV 노화 후 $G^* \times \sin \delta$ 값이 5000kPa 이하일 것을 제안 하였다. 피로균열에 대한 이 규정은 아스팔트 바인더의 PG 규격에 따라 기준 온도가 다르다. 보통 20℃ 전 후의 온도에서 측정된다. 따라서 25℃에서의 측정치에 대하여 $G^* \times \sin \delta$ 를 구하여 시방규정을 만족하는 가를 파악한다.

<그림 2-2> 온도별 위상각(Phase Angle)

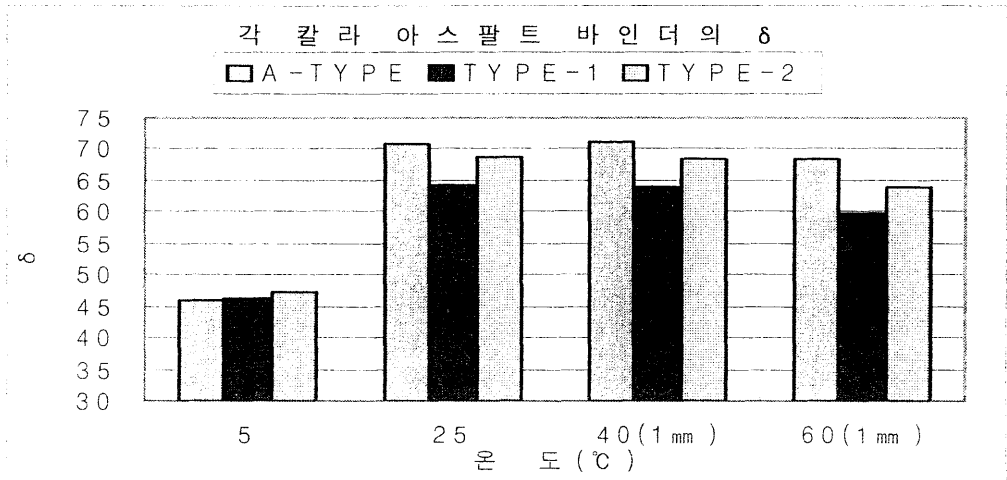


표 2-3을 보면 DSR 실험결과 온도가 높아질수록 δ 가 커져 점성적 거동을 보임을 알 수 있다. 반면, 노화에 따라서 점점 δ 값이 작아짐을 볼 수 있다. 이는 노화에 따른 경화로 인하여 아스팔트 바인더가 탄성적으로 변해 감을 의미 한다.

단기노화 후 TYPE-1 의 경우 $G^*/\sin \delta$ 가 10.0kPa 이다. 이는 시방규정을 만족한다. A-TYPE, TYPE-2 또한 7.7kPa과 9.3kPa의 값을 보여 기준을 만족한다. 최근 FHWA의 The Thrner-Fairbank Highway Reseach Center 에서의 Accelerated Loading Facility 에 의한 연구에 의하면 Superpave 시방규정에서 제시한 소성인자 $G^*/\sin \delta$ 와 실제 발생하는 소성변형과의 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 따라서 단기노화 후 $G^*/\sin \delta$ 값이 2.2kPa이 아닌 4.4kPa 이상이 될 것을 요구한다. 하지만 이 또한 합리적 연관성을 찾기는 어렵다. 이는 아스팔트 포장의 소성변형에 영향을 미치는 주요한 요소는 바인더의 물성보다는 골재의 입도와 입형 그리고 골재의 종류에 따른 영향이 크기 때문으로 보인다. PAV 실험 후 장기노화후의 피로에 대한 저항성을 평가하기 위해서 상온에서의 $G^* \times \sin \delta$ 값을 보면 25℃에서 세 종류의 개질 투명 바인더 모두가 기준치 5000kPa 보다 매우 작아 Superpave 시방 규정을 만족 한다.

2.4. 회전점도실험(Rotational Viscometer)

회전점도시험(RV)은 펌핑하고 혼합할 때 아스팔트가 충분한 유동성을 가지도록 하기 위하여 고온(135℃)에서의 아스팔트의 점도를 측정하기 위하여 SHRP에서 채택한 시험 방법이다(Asphalt Institute, 1995; 이석홍외, 2004). 본 연구에서는 Brookfield Thermosel 장치를 사용하여 ASTM D 4402에 의하여 실험을 수행하였다.

<표 2-3> 노화 후 DSR 실험 결과

종 류	온 도(℃)	G*(dyn/cm ²)			δ (degree)		
		G*	G*[TFO]	G*[PAV]	δ	δ [TFO]	δ [PAV]
A-TYPE	5	1.7E+08	4.2E+08	9.3E+07	46.1	33.9	46.2
	25	7.1E+06	9.2E+06	7.5E+06	70.8	65.9	64.6
	40	8.2E+05	1.0E+06	2.6E+06	71.1	71.5	59.5
	60	6.5E+04	7.1E+04	1.7E+05	68.5	71.0	66.9
TYPE-1	5	1.6E+08	1.6E+08	4.3E+07	46.3	44.7	43.5
	25	7.5E+06	9.8E+06	5.9E+06	64.2	63.5	54.5
	40	9.1E+05	9.2E+05	3.2E+06	63.8	65.6	56.6
	60	8.7E+04	8.5E+04	3.5E+05	59.9	60.8	57.2
TYPE-2	5	1.9E+08	4.5E+08	4.4E+07	47.2	33.3	49.8
	25	6.1E+06	1.4E+07	5.0E+06	68.7	65.7	59.7
	40	7.4E+05	1.1E+06	1.7E+06	68.4	66.8	64.1
	60	6.5E+04	8.1E+04	1.2E+05	63.9	63.2	66.9

<표 2-4> 노화에 따른 소성변형 및 피로 인자

단위 : kpa

온도	A-TYPE			TYPE-1			TYPE-2		
	G*/sin δ	G*/sin δ [TFO]	G* × sin δ [PAV]	G*/sin δ	G*/sin δ [TFO]	G* × sin δ [PAV]	G*/sin δ	G*/sin δ [TFO]	G* × sin δ [PAV]
5℃	24101.0	77105.5	6821.3	23191.7	22834.8	2990.6	26466.6	84337.1	3458.6
25℃	767.7	1026.3	691.4	852.7	1110.8	491.5	665.3	1574.9	436.3
40℃	88.3	110.7	231.4	103.7	102.9	268.7	81.6	121.4	157.8
60℃	7.1	7.7	15.7	10.3	10.0	29.7	7.3	9.3	11.2

또한 적절한 혼합온도와 다짐온도를 결정하기 위하여 175℃에서도 실시하였다.
 No.28 스피ndl을 사용하여 회전속도 20rpm을 사용하여 점도를 측정하였다. 측정결과
 는 다음과 같다.

<표 2-5> 135℃에서 투명 아스팔트 바인더의 점도

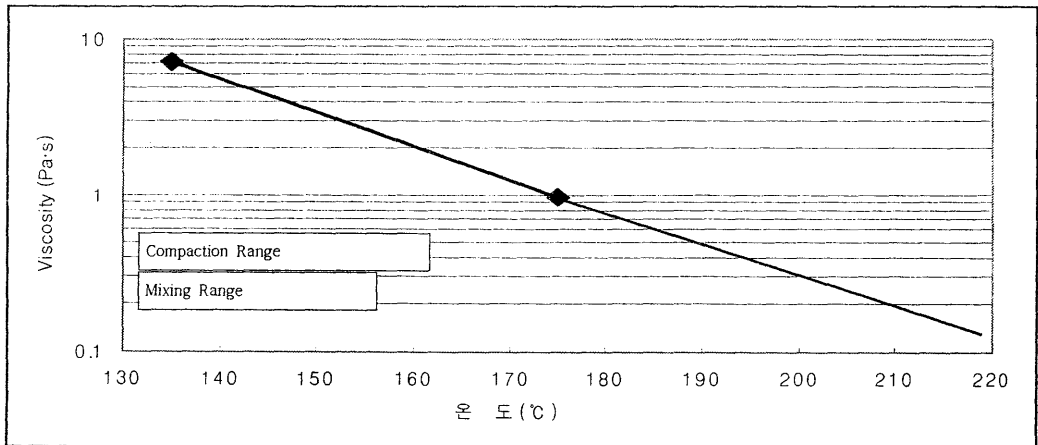
종 류	A-TYPE	TYPE-1	TYPE-2
점도(cP)	2200	7275	3700

TYPE-1에 대하여 혼합물제작시의 혼합온도와 다짐온도의 결정을 위하여 Superpave
 에서 제안한 방법인 135℃와 175℃에서의 점도를 측정하였다. 점도가 0.17 ± 0.02
 $\text{Pa} \cdot \text{s} \sim 0.28 \pm 0.03 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 사이에서 혼합 및 다짐 온도를 결정하게 된다.

그림 3-1의 결과에 의해 190℃에서 혼합온도를 결정하였다. 실제 혼합시 150℃에서
 혼합을 시도하였으나 높은 점성으로 혼합이 어려웠다. 온도를 계속 올리면서 혼합을
 실시한 결과 혼합온도는 190℃가 적당함을 확인하였다.

Ⅲ. 혼합물 실험

<그림 3-1> TYPE-1의 온도에 따른 점도 변화



앞서 수행한 바인더 실험의 결과 세 종류의 투명 바인더 중에서 TYPE-1의 성능이
 가장 우수할 것으로 예상되어 기존 AP-5 바인더와 TYPE-1 바인더를 사용하여 마샬
 공시체를 제작하여 비교 실험을 수행하였다.

입도는 국내 KS 규정에 의하여 13mm 밀입도를 사용하였으며, 칼라 아스팔트 혼합물의 경우 안료의 영향을 알아보기 위하여 녹색, 적색 그리고 황색 세 가지 색깔의 안료를 첨가하여 세 종류의 혼합물을 제작하였다. 혼합물은 중간정도의 교통량을 고려하여 양면 50회씩 다짐하였다(아스팔트 포장공학회, 1998).

3.1. 마샬 안정도 실험

마샬 시험법은 아스팔트 혼합물의 경험적인 물성을 측정하는 것으로, 본 연구에서는 KS F 2337-2002의 기준에 따라 시험을 실시하였다. 마샬시험의 목적은 표준 실험실 다짐으로 다져진 아스팔트 혼합물의 강도를 측정하기 위한 것이다. 또한, 마샬시험은 아스팔트 혼합물의 최적 아스팔트 함량을 결정하기 위한 마샬 배합설계법의 일부 물성 항목으로 사용되며, 아스팔트 혼합물의 품질 관리에도 적용한다.

마샬 안정도 실험은 KS F 2337과 KS F 2349에 의하여 일반적인 실험(60℃ 항온수조 속에 30분동안 수침 시킨 후 실험)과 함께 수침 후 잔류안정도를 측정하여 아스팔트 혼합물의 수분 민감성을 살펴보았다. 잔류안정도를 측정하기 위해 60℃의 항온수조에 48시간 동안 수침 후 안정도를 측정하였다. 마샬 안정도 실험 결과는 표 3-1과 같으며, 잔류안정도 측정을 위한 수침 후 마샬 안정도 실험결과는 표 3-2와 같다. 안정도 값은 KSF 2337 - 2002 규격에 의해 보정해준 값이다.

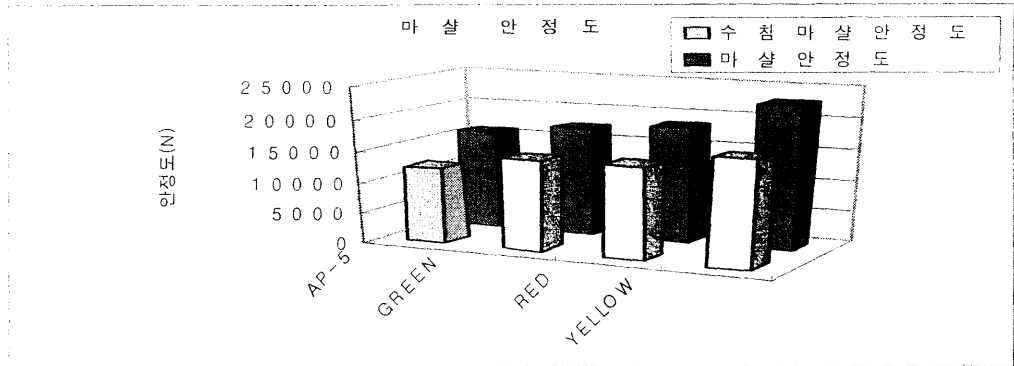
<표 3-1> 마샬 안정도 실험 결과

구 분	안정도 (kgf)	흐름값 (0.01cm)
AP-5	1639.2	21.7
Color Green	1786.8	30.3
Color Red	1901.1	30.5
Color Yellow	2329.4	29.3

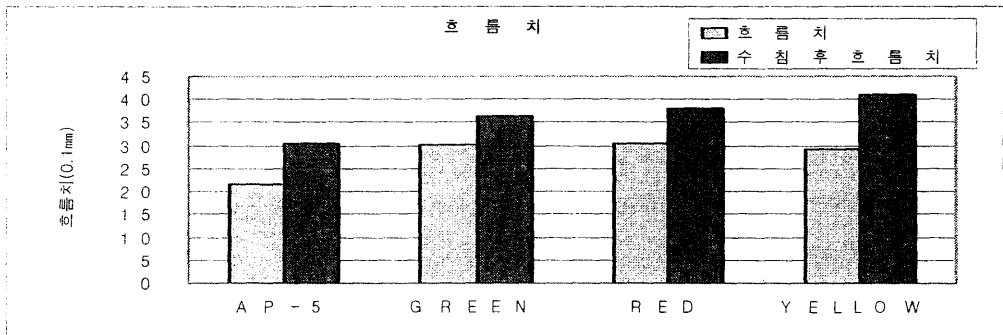
<표 3-2> 수침 후 마샬 안정도 실험 결과

구 분	안정도 (kgf)	흐름값 (0.01cm)	잔류 안정도(%)
AP-5	1258.6	30.7	76.8
Color Green	1494.3	36.4	83.6
Color Red	1500.4	38.0	78.9
Color Yellow	1728.8	41.1	74.2

<그림 3-2> 마샬 안정도 실험결과



<그림 3-3> 흐름치 실험결과



마샬 실험의 경우 중간정도의 교통량에 있어 안정도는 550kg 이상을, 흐름치는 20~40의 범위에 있을 것을 규정하고 있다. 안정도의 경우 모든 혼합물이 기준을 훨씬 상회하는 값을 보였으며 흐름치 역시 수침 전에는 기준을 모두 만족하였다. 수분 민감성을 나타내는 잔류 안정도의 경우 KS 지방에서는 75% 이상을 요구하고 있는데 황색 아스팔트 혼합물을 제외하고는 그 기준을 만족하였으며 황색 아스팔트 혼합물 또한 74.2%의 잔류 안정도를 보이며 상대적으로 큰 안정도 값을 보이므로 잔류 안정도에 있어 큰 문제가 없을 듯이 보인다. 다만 흐름치의 경우 역시 황색 아스팔트 혼합물이 수침 후 40보다 큰 값을 보여 황색 아스팔트 혼합물의 수분 민감성이 높음을 알 수 있다.

3.2. 간접인장강도

간접인장시험은 수직인 직경면을 따라 평행하게 작용하는 정적 압축 하중을 원통형 공시체에 작용시킴으로서 수행된다. 하중 방향에 수직하게 작용한 하중형태는 수직

직경면을 따라 비교적 균등한 인장응력을 발생시키며, 결국에는 수직 직경면을 따라 분할되어서 공시체는 파괴된다. 재하 하중의 응력 분포가 일정하게 이루어지도록 하기 위하여 일정폭의 곡률을 갖는 재하대가 사용되는데, 직경이 101.6mm인 공시체를 사용할 경우 폭이 12.7mm인 재하대를 사용한다(아스팔트 포장연구회, 1999; 조신행 외, 2004).

본 연구에서는 상온 및 저온에서의 아스팔트 혼합물의 특성을 평가하기 위하여 ASTM D 4123에 규정된 절차에 따라 MTS사의 장비를 사용하여 대상 공시체들의 간접 인장강도 시험을 실시하였다. 실험시료는 10~12시간의 일정시간 동안 실험온도로 pre-setting된 chamber에서 양생되었으며 실험 전·후에 온도차가 발생하지 않게 하기 위하여 실험온도에 적합한 경우에만 수행하였으며, 재하하중은 50.8 mm/분(2 inch/분)으로 제어하였다.

간접인장강도 실험은 각 온도별(저온 : 5 ℃, 상온 : 25 ℃, 고온 : 40 ℃)로 3개씩 측정하였다. 파괴시 변위량은 재하하중이 최대치에 이르는 시점 즉, 아스팔트혼합물 시료가 파괴에 이르기까지의 변위량이고 Toughness(간접인장강도 시험 중에 발생한 강도-변위 곡선이 포함하는 면적으로 정의됨)를 구하였다.

수분 민감성을 측정하기 위한 실험은 다양하다. 하지만 아직까지 충분한 신뢰성을 가지고 현장조건과 실험 사이의 만족할 만한 관련을 가진 실험은 없는 실정이다. 본 연구에서는 ASTM D 1075의 방법을 사용하였다. 혼합물을 60℃의 물에 24시간동안 수침 시킨 후 25℃의 물에 2시간동안 수침시켜 온도를 안정화 한 다음 상온(25℃)에서 간접인장강도를 구하였다.

<표 3-3> 간접인장강도 실험결과

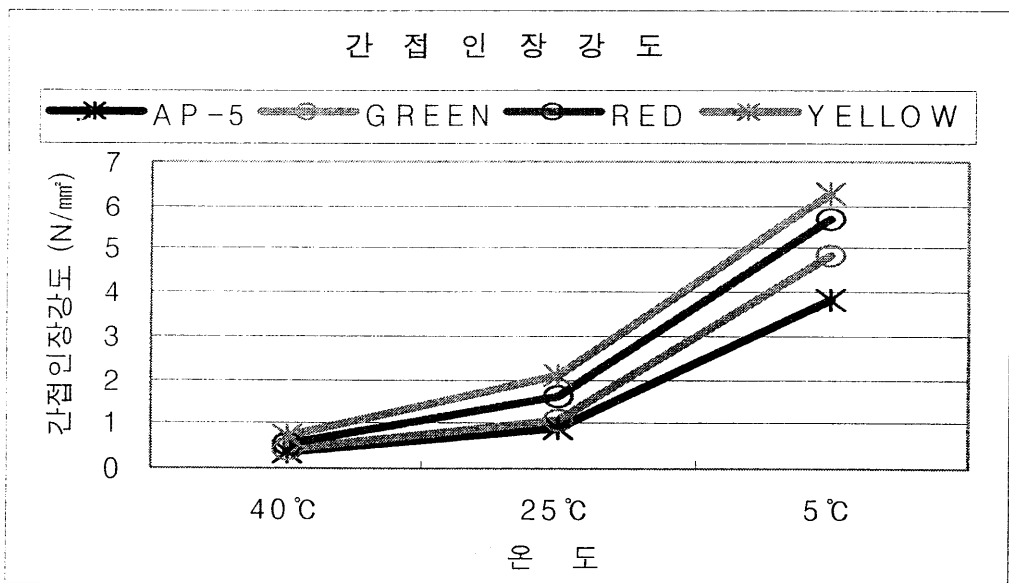
종 류	온 도	간접인장강도(N/mm ²)	파괴시변위량(mm)	Toughness(N · mm)
AP-5	5℃	3.84	1.42	42358.58
	25℃	0.87	1.39	17259.80
	40℃	0.34	1.01	5393.43
Color Green	5℃	4.82	1.35	55490.35
	25℃	1.09	1.24	27598.40
	40℃	0.39	1.28	9362.86
Color Red	5℃	5.67	1.27	45999.94
	25℃	1.61	1.38	37081.26
	40℃	0.53	1.53	14287.30
Color Yellow	5℃	6.28	1.23	42714.27
	25℃	2.11	1.35	42007.07
	40℃	0.74	1.46	17811.76

<표 3-4> 수침후 간접인장강도 실험결과

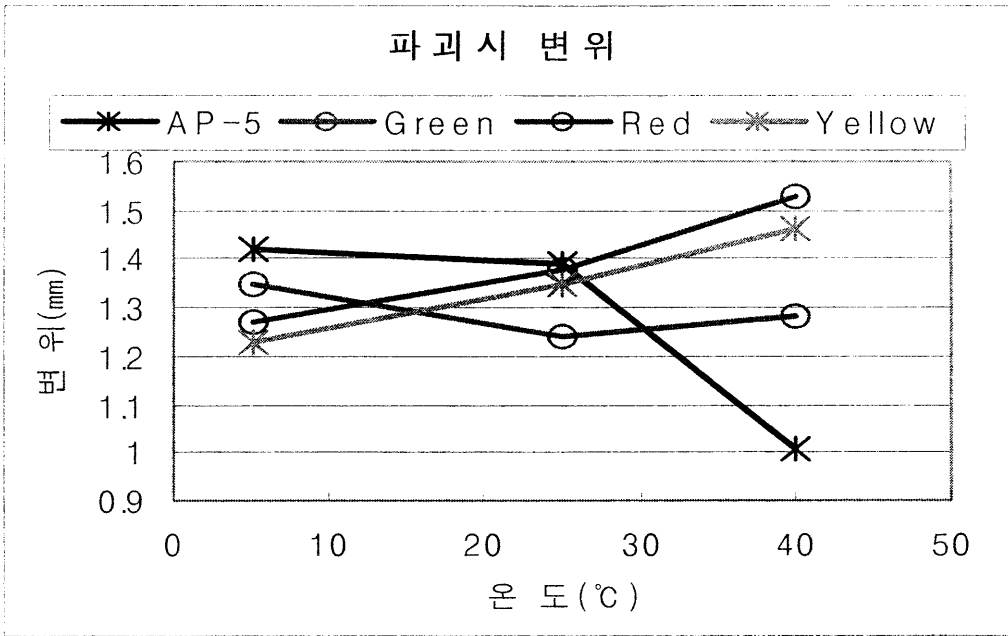
종 류	간접인장강도(N/mm ²)	파괴시변위 (mm)	잔류 인장 강도율(%)
AP-5	0.67	1.03	77.0
Color Green	1.10	1.39	100.9
Color Red	1.40	1.85	87.0
Color Yellow	1.82	1.65	86.3

잔류 인장 강도의 경우 ASTM D 1075에는 정해진 규정이 없으나 여러 수분 민감성 실험의 시방규정에서는 0.7~0.8 이상일 것을 제안하고 있다. 따라서 잔류 인장강도가 70% 이상임으로 모든 혼합물이 수분 민감성에 어느 정도 만족하는 것으로 보인다. 마샬 실험과 마찬가지로 칼라 아스팔트 혼합물 중 황색 아스팔트가 수분 민감성이 가장 높은 것으로 보인다. 세 종류의 칼라 아스팔트 모두 AP-5 보다 우수한 수분 민감성을 보였다.

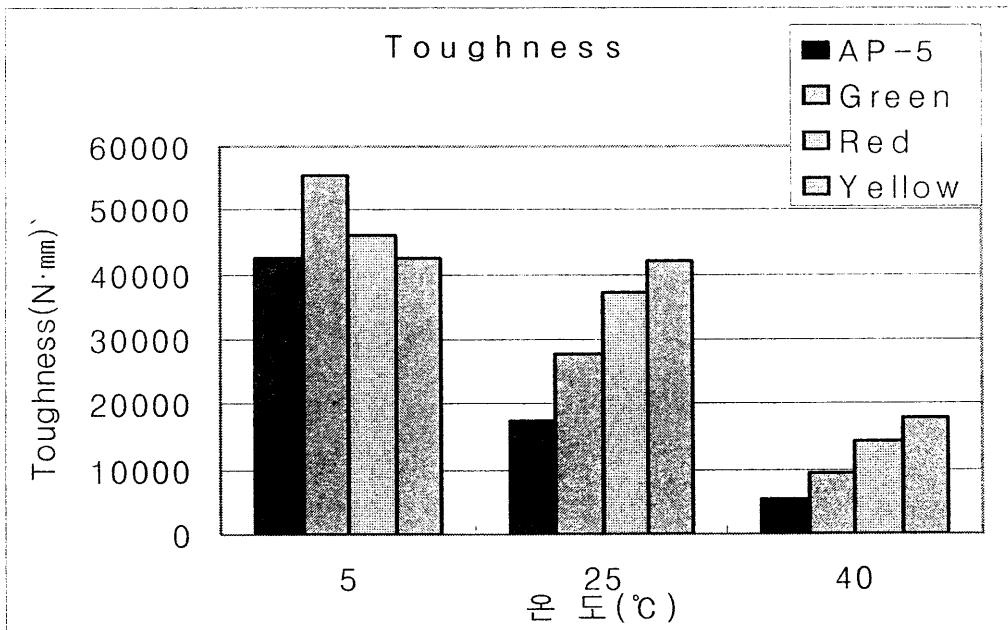
<그림 3-4> 아스팔트 혼합물의 간접인장강도



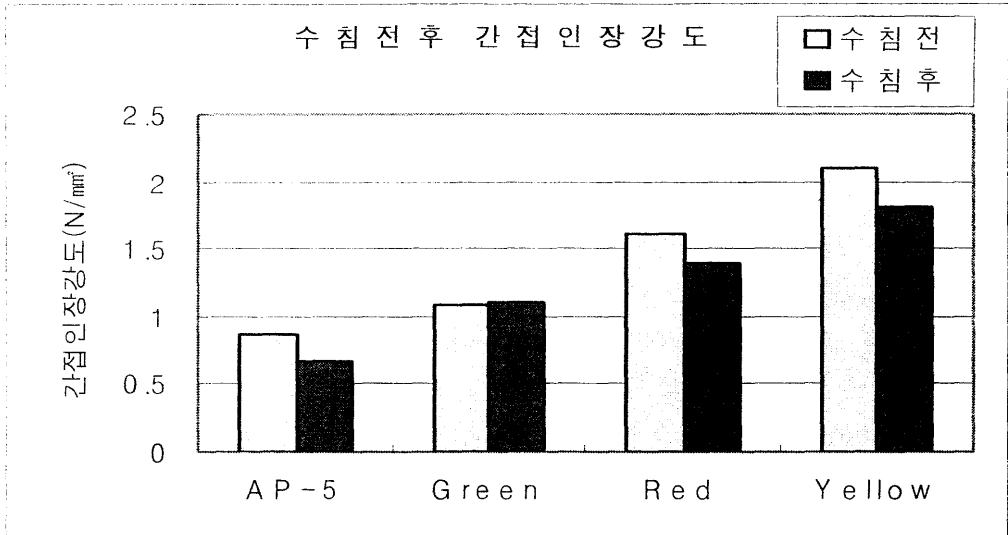
<그림 3-5> 아스팔트 혼합물의 파괴시 변위량



<그림 3-6> 아스팔트 혼합물의 Toughness



<그림 3-7> 수침전후 간접인장강도



간접인장강도 실험 결과 황색 아스팔트 혼합물이 모든 온도에서 기존 AP-5 아스팔트 혼합물을 비롯한 다른 칼라 아스팔트 혼합물에 비하여 높은 값을 보인다. 특히 온도가 고온으로 갈수록 그 차이가 커짐을 알 수 있다.

Toughness를 살펴보면 40℃와 25℃에서는 황색 아스팔트가 가장 큰 값을 가지나 저온인 5℃에서는 그 값이 가장 낮은 AP-5와 비슷하다. 동일한 바인더와 골재를 사용하였으나 안료의 색상에 따라 간접인장강도와 잔류 인장 강도율이 차이가 나는 것은 안료의 영향인 것으로 보인다. 특히, 침상형의 황색안료는 비중이 상당히 작아 첨가량이 다른 안료에 비해 적어야 한다. 이러한 안료의 영향에 대하여 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

IV. 결론

바인더 실험과 실내 공용성 평가 실험을 통하여 칼라 아스팔트 혼합물의 특성을 평가한 결과는 다음과 같다.

- 1) DSR 실험결과 소성변형에 대하여 60℃에서 노화전 $G^*/\sin \delta$ 값이 A-TYPE은 7.13kPa, TYPE-1은 10.3kPa, TYPE-2는 7.35kPa를 단기노화 후에는 A-TYPE이 7.7kPa, TYPE-1은 10.0kPa, TYPE-2는 9.3kPa로 소성변형에 대한 충분한 저항성을 보일 것으로 생각된다.

- 2) 세 종류의 개질 투명 바인더 중 공용성능이 우수할 것으로 예상되는 TYPE-1을 사용하여 혼합물을 제작하여 실험 한 결과 마찰 안정도는 녹색 아스팔트 1787kgf, 적색 아스팔트1901kgf, 황색 아스팔트는 2329kgf로 KS 시방 규정을 만족하며 흐름치는 녹색 아스팔트 30.3, 적색 아스팔트30.5, 황색 아스팔트는 29.3으로 중 간교통량에서의 시방 규정을 만족 하였다.
- 3) 수분 민감성의 경우 수침 마찰 실험결과 잔류안정도에 있어 AP-5 혼합물이 76.8%, 녹색 혼합물이 83.6%, 적색 혼합물이 78.9% 그리고 황색 혼합물의 경우 74.2%로 황색 혼합물의 경우를 제외하고 모두 기준 75%를 만족하였다. 황색 아스팔트의 경우도 그 차이가 적고 수침후의 안정도 역시 가장 큰 것으로 나타나 수분 민감성에 큰 문제는 없을 것으로 판단된다.
- 4) 간접인장강도 실험결과 황색 아스팔트가 모든 온도에서 가장 높은 값을 보였다. 하지만 파괴시 변위량은 저온인 5℃에서 4종류의 아스팔트 혼합물중 가장 작은 값을 보이며 Toughness 또한 5℃에서 AP-5 혼합물과 같이 가장 낮은 값을 나타낸다. 타 칼라 아스팔트는 AP-5 아스팔트보다 높은 값을 보이는 것으로 보아 황색 안료의 문제로 보인다.
- 5) 수침 잔류 인장강도 실험결과에서 잔류인장 강도율은 AP-5 혼합물이 77.0%, 녹색 혼합물이 100%, 적색 혼합물이 87.0% 그리고 황색 혼합물의 경우 86.3%로 일반적인 기준치 70%이상을 만족한다. 황색 아스팔트 혼합물이 칼라 아스팔트 혼합물 중 가장 큰 마찰 안정도와 간접인장강도를 가지지만 수분 민감성은 수침 마찰 실험과 동일하게 가장 좋지 않은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Asphalt Institute(1995), “Superpave Level 1 Mix Design”
2. Hardin J.C(1995), “Physical Properties of Asphalt Cement Binders”, ASTM
3. 아스팔트 포장연구회 역(1999), “아스팔트 포장공학 원론, 한국도로포장공학회“.
4. 아스팔트 포장연구회(1998), “가열 아스팔트 혼합물의 배합설계지침“
5. 조신행(2003. 12), “개질투명 아스팔트 바인더의 실내공용특성 연구”, 경기대학교 석사학위 논문
6. 이석홍, 김낙석, 조신행(2004. 7), “개질 투명 아스팔트 바인더의 공용특성 연구”, 대한토목학회논문집, 제 24권 제4D호, pp.609~616.
7. 조신행, 김낙석, 이석홍, 박현식(2004. 3), “칼라 아스팔트 혼합물의 실내 공용특성 평가”, “2004년도 한국방재학회 학술발표회 논문집”, 한국방재학회, pp.409~414.

논문접수일 : 2007년 4월 25일

심사의뢰일 : 2007년 5월 2일

심사완료일 : 2007년 6월 8일