

칼라 아스팔트용 무색 아스팔트 바인더 특성연구

Characteristics of Clear Asphalt Binders

박태순 * · 이수희 ** · 김지선 ***

Park, Tae Soon · Lee, Su Hui · Kim, Ji Sun

1. 서 론

생활수준의 향상과 환경에 대한 인식의 변화로 건설시설물이 단순히 그 기능을 수행하는데 만족하지 않고 시각적인 아름다움과 주변경관과의 조화가 요청되고 있다. 도로 역시 단순히 자동차와 사람의 통행의 편리성만을 위함이 아니라 도로로 인하여 주변의 경관이 아름다워 지고 주변 환경과의 조화를 통해 자연과 융화 되도록 계획되고 있는 실정이다.

이로 인하여 기존의 획일적인 암회색의 아스팔트 포장에 아닌 다양한 칼라를 사용하려는 노력이 계속되었다. 특히 최근 환경과 미관에 대한 중요성이 더욱 부각되면서 칼라 아스팔트 포장에 대한 요구가 높아지고 있다. 칼라 아스팔트 포장은 미관을 좋게 하는 것 이외에도 다양한 칼라로 버스전용차로, 횡단보도, 학교 앞 도로 등에 시공하여 운전자나 보행자에게 안전성을 높일 수 있도록 시각적 효과를 줄 수 있기 때문이다.

칼라 아스팔트의 사용이 급속히 증가될 것으로 예상되며 이에 대한 체계적인 연구로 공용성능이 우수한 칼라 아스팔트의 개발이 요청되고 있다. 본 연구는 적색 칼라 아스팔트에 사용되는 무색 아스팔트 바인더에 대한 물리적, 유변학적 및 저온특성에 대한 실험결과와 주요 발견사항에 대하여 서술하였다.

2. 무색 아스팔트 바인더의 특성

일반적인 무색바인더는 대개 중량 %로 석유수지류 50~65%, Process oil 30~35% 그리고 엘라스토머 또는 고무류 첨가제가 약 5~15% 정도로 구성된다. 각각의 구성물질에 대한 일반적인 물리적 특성과 그 역할은 다음과 같다.

- 1) process oil류: 무색바인더에서 가장 많은 비중을 차지하는 한 요소로서 연성 부여, 유동성 부여, 저온 성능 개선과 다른 성분들의 균일화에 중요한 역할을 한다. 종류는 아로마틱계, 파라핀계, 나프텐계 등으로 분류된다.
- 2) 열가소성 수지류: 전체적인 무색바인더의 고온 유동성을 조절, 점착성 및 강도 보강용으로 사용된다. 또한 골재와의 결합력의 척도인 터프니스 및 테너시티를 조절하는 역할을 한다. 그 종류는 석유수지, PS(polystyrene), PE(polyethylene), PP(polypropylene), APP(atatic-polypropylene), APPco(atatic-polypropylene copolymer), 무정형 올레핀 고분자, EVA(ethylene-vinyl-acetate), 에틸렌 에틸아크릴레이트 공중합체(Ethylene Ethyl Acrylate, EEA) 등이 있다.
- 3) 열가소성 엘라스토머(Thermo Plastic Elastomer): 저온 탄성을 강화시키고 고온 점도를 향상하여 아스팔트 혼합물의 고온 유동성을 향상시킨다. 종류에는 스티렌 부타디엔 블록 공중합체(Styrene Butadiene Block Copolymer, SBS), 스티렌 이소프렌 블록 공중합체(Styrene Isoprene Block Copolymer, SIS) 등이 있다.
- 4) 고무계: 바인더의 각종 강도물성을 향상시키고 열가소성 엘라스토머와 유사한 특성을 보인다. 종류는

* 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 · 교수 · (tpark@snut.ac.kr)
** 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · (puresuhui2@empal.com)
*** 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 대학원 · (white6816@empal.com)



고체 및 라텍스상 스티렌 부타디엔 공중합체(Styrene Butadiene Rubber, SBR), 천연고무 라텍스(NR) 등이 있다.

- 5) 가소제: 바인더의 저온특성 개선과 각 수지류에 연성을 부여하고 안료의 바인더 내부 분산에 효과적인 작용을 한다. 종류는 디옥틸프탈레이트(Di-Octyl Phthalate, DOP), 디이소노닐프탈레이트(Di-Isononyl Phthalate, DINP), 디부틸프탈레이트(Di-Butyl Phthalate, DBP) 등이다.

3. 바인더 성능시험 및 결과

3.1 시험재료

본 연구에서 사용된 바인더는 국내에서 개발된 제품을 사용하였다. 국내의 2개 제조회사에서 생산되고 있는 무색 아스팔트 바인더 2종과 성능비교를 위해 국내에서 대표적으로 사용되고 있는 일반 아스팔트 바인더와 개질 아스팔트 바인더의 시험결과를 상대비교 하였다.

3.2 시험방법

본 연구에서 사용된 바인더의 점탄성 거동 특성을 분석하고 공용성 등급을 결정하기 위하여 동적전단유동시험(DSR)과 동적처짐보시험(BBR)을 실시하였고 아스팔트 바인더의 노화특성을 파악하기 위해 회전박막가열시험(RTFO)과 압력노화시험(PAV)을 실시하였다. 또한 물리적 시험으로 침입도와 연화점, 절대점도 등을 실시하였다. 각 시험은 관련 KS규격 절차에 따라 실시하였다.

3.3 물리적 시험결과

물리적 시험결과 60℃ 절대점도 시험에서 B사의 무색 아스팔트 바인더가 기준을 만족하지 못한 것을 제외하고 다른 시험항목에 대해서는 A, B사의 무색 아스팔트 바인더 모두 기준을 만족하였다.

표 1. 무색 아스팔트 바인더의 물리적 특성시험 결과

시 험 항 목	단 위	기 준 ¹⁾	A 사	B 사
침입도 25℃	0.1mm	40 이상	65	57
연화점	℃	75 이상	86	76
신도 15℃	cm	50 이상	119	150
인화점	℃	240 이상	247	251
박막가열 후 무게손실	%	0.6 이하	0.11	0.16
박막가열 후 잔류침입도	%	65 이상	90	86
터프니스 25℃	kgf · cm	200 이상	492	306
점도 60℃	Pa · s	3000 이상	51,933	2,444

주1) 서울시 무색 아스팔트 바인더 설계기준

3.4 유변학적 시험결과

A사와 B사의 무색 아스팔트 바인더는 PG등급에 대한 기준을 만족하였지만 일반적인 아스팔트 바인더의 PG등급시험에서 산출된 복합계수(G*)와 위상각(δ)과는 다른 거동특성을 보였다. 특히 PAV시험 결과 무색 아스팔트 바인더는 일반적인 아스팔트 바인더와 비교하여 상당히 작은 복합계수를 나타내서 일반 아스팔트의 특징중에 하나인 노화현상이 전혀 발생하지 않았다.



표 2. 무색 아스팔트 바인더의 유연학적 시험 결과

종류	PG 등급	original(DSR) ($G^*/\sin\delta \geq 1.000\text{kPa}$)			RTFO후 DSR ($G^*/\sin\delta \geq 2.2\text{kPa}$)			PAV후 DSR ($G^* \times \sin\delta \leq 5000\text{kPa}$)			BBR ($S \leq 300\text{MPa}$, $m \geq 0.30$)	
		δ	$G^*/\sin\delta$	G^*	δ	$G^*/\sin\delta$	G^*	δ	$G^* \times \sin\delta$	G^*	m	S
A사	82-22	24.9	13.1	5.44	34.2	4.78	2.67	81.8	1223	1236	0.468	138.61
B사	76-22	57.2	3.01	2.69	56.6	3.69	3.08	69.6	460	491	0.49	97.6
일반	64-22	89	1.39	1.39	87.5	2.79	2.59	53	3860	4830	0.31	283

3.5 저온휨굴곡 시험 결과

저온휨굴곡 시험 결과 A사와 B사의 무색 아스팔트 바인더는 하중이 재하됨과 동시에 파단이 일어났다. 상대 비교를 위해 사용한 2종의 개질 아스팔트 바인더는 하중에 저항하며 굴곡되는 양상을 보였다.

표 3. 무색 아스팔트 바인더의 저온휨굴곡 시험 결과

바인더의 종류	단 위	일반	개질 I	개질 II	A사	B사
공시체의 질량	g	46.5	49.5	48.8	50.1	44.5
파단상태 (O : 파단, x : 파단되지않음)	-	O	x	x	O	O
최대하중(P)	kg	0	43.3	21.1	0	0
최대하중 시의 변위량(d)	mm	0	10.6	19.0	0	0
최대 휨 응력(σ)	kg/mm ²	0	0.65	0.32	0	0
최대 휨 변형(ϵ)	-	0	0.20	0.26	0	0
휨 변형량	kg/mm ²	0	0.13	0.08	0	0
휨 스티프니스(Stiffness)	kg/mm ²	0	3.28	1.22	0	0
변동 계수						
휨 변형량 (30% 이내)	%	-	0	2.60	-	-
휨 Stiffness (20% 이내)	%	-	3.37	3.90	-	-

4. 주요 발견 사항

4.1 산화

그림 1은 무색 아스팔트 바인더의 산화 단계에 따른 색상변화를 보여주는 것이다. A사의 무색 아스팔트 바인더는 산화가 이루어짐에 따라 점차 색상이 진하게 변하였으나 B사의 무색 아스팔트 바인더는 색상의 변화가 발생하지 않았다.

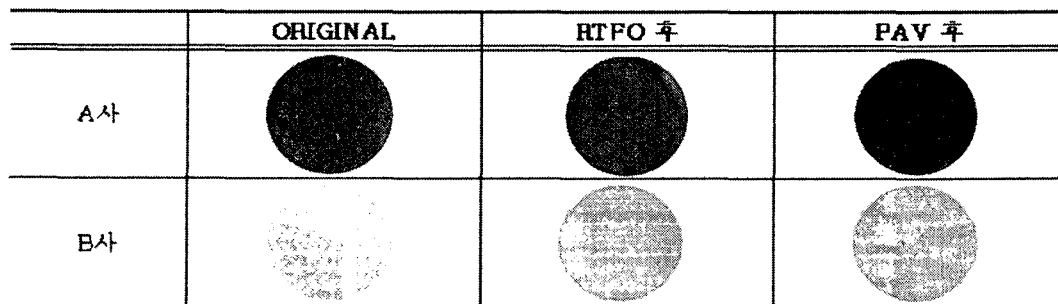


그림 1. 무색 아스팔트 바인더의 색상변화



4.2 점탄성 특성

A사와 B사의 무색 아스팔트 바인더를 상온에서 비교 하였을 때 B사의 아스팔트 바인더는 심한 끈적거림 현상을 보였다. 이러한 끈적거림은 유색 아스팔트가 도로에 포장 되었을 때 차량 타이어에 아스팔트 바인더가 묻어나는 현상을 유발시키는 것으로 보고되고 있다.

A사와 B사의 유변학적 시험결과 원 아스팔트 상태에서 단기산화와 장기산화과정을 거치는 동안 무색 아스팔트 바인더는 열과 공기에 의한 산화가 발생하지 않았다. 일반 아스팔트 바인더와 달리 산화가 진행되어 감에 따라 산화 전과 비교하여 위상각과 복합계수의 영역이 변하지 않아서 유변학적 특성 및 점탄성 특성에 대한 새로운 분석 방안이 요청된다.

4.3 저온 특성

동적저점보시험(BBR)에서 일반적인 아스팔트 바인더는 강성(Stiffness) 300MPa 미만은 만족하지만 m값(강성 기울기) 0.3 이상을 만족하지 못하는 경향을 보였다. 반면에 A사와 B사의 무색 아스팔트 바인더는 강성 300MPa 미만은 만족하지 못하고 m값 0.3 이상을 만족하였다. 이는 일반적인 아스팔트 바인더와 상반되는 결과를 보여주는 것으로 B사의 무색 아스팔트 바인더는 강성이 100MPa 미만으로 나타났다. 이는 적은 힘으로 급속한 변형이 일어났다는 것이다.

무색 아스팔트 바인더가 -18℃에서 실시한 동적저점보시험에서는 개질 아스팔트 바인더와 같이 굴곡되는 거동특성을 보였으나 -20℃에서 실시되는 저온휨굴곡 시험에서는 폭발적인 취성파단 되는 거동특성을 보여서 저온에서의 보강이 필요할 것으로 나타났다.

5. 결론 및 제안사항

- 1) 물리적 특성 시험 결과 B사의 바인더는 주요항목인 절대점도(60℃) 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.
- 2) 유변학적 시험에서는 일반 아스팔트 바인더가 열과 공기에 의한 산화가 이루어지는 반면에 무색 아스팔트 바인더는 산화가 거의 발생하지 않았다.
- 3) 무색 아스팔트 바인더의 문제점으로는 끈적거림 현상이 크게 발생하고 있었다. 끈적거림 현상은 초기오염을 발생시키고 바인더의 성능에도 문제점을 발생시킬 수 있기 때문에 개선이 필요하다.
- 4) 무색 아스팔트 바인더는 일반 아스팔트 바인더와 달리 산화 및 점탄성 특성이 크게 나타나지 않기 때문에 새로운 연구를 통하여 이론적인 재분석이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 서울산업대학교 건설기술연구소, "PBS 개질 아스팔트 혼합물의 역학적 성능 평가 시험결과", 2002. 10
2. 박태순, 윤수진, 김학서, 조혁기, "국내 개질 아스팔트 바인더 터프니스·테나시티 특성 및 문제점 연구", 한국도로학회 2002학술발표회 논문집, 2002. 10. 11, pp61~66
3. 서울산업대학교 건설기술연구소, "서울시 유색 아스팔트 포장 성능향상 방안연구", 2004. 12
4. 서울산업대학교 건설기술연구소, "망우-왕산로 유색아스팔트 혼합물 품질 및 성능분석", 2005. 7