



2.2 CR 개질 아스팔트의 제조

CR표면에 존재하는 수분을 제거하기 위해 80°C로 유지된 진공건조기에서 24시간 건조 하였다. 혼합반응조건은 아스팔트가 완전 용융되었을 때, 아스팔트 바인더에 대해 유연제를 5wt%를 첨가한 후 SBS를 각각 3wt%, 4wt% 및 5wt%를 첨가한 후 혼합반응 시켰다. 혼합반응조건은 600rpm의 교반속도와 반응온도가 180°C에서 질소로 치환하였다. 최대혼합 반응시간은 SBS를 아스팔트 바인더에 첨가한 후 3시간으로 하였다.

Table 1. Typical properties of SBS

Styrene Content, %	30
Tensile Strength, kg/cm ²	250
Modulus, 300%, kg/cm ²	22
Elongation, %	750
Hardness, Shore A	72

2.3 침입도 및 연화점 측정

침입도의 측정은 ASTM D5에 따라 하중 100g에서 5초간 바늘이 들어간 깊이를 0.1mm 단위로 측정하여 CR/SBS 개질 아스팔트의 침입도를 나타내었다. 연화점의 측정은 ASTM D36에 따라 3회 이상 반복하여 연화점을 측정하였다.

2.4 인장접착력의 측정

저온에서 CR 및 SBS로 개질한 아스팔트의 인장접착력은 ASTM D5329에 따라 측정하였다. 시험시편은 콘크리트 블록 대신에 화강암블록(13mm×25mm×50mm)을 제작하였다. 화강암 블록은 시험 전 표면의 불순물을 제거하기 위해 아세톤으로 세척 후 상온에서 2시간 건조하여 사용하였다. 두 개의 화강암블록 양쪽 끝에 12.5mm×12.5mm×25mm 크기의 인조대리석 블록지지대를 설치한 후 빈 공간에 CR 개질 아스팔트를 채운 뒤 상온에서 24시간 냉각하였다. 시험시편을 -20°C에서 2시간 이상 정지시킨 다음 측정하였다. -20°C 온도가 유지된 챔버가 설치된 만능시험기를 이용하여 crosshead speed는 12.5mm/min로 3회 이상 반복하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

아스팔트 바인더, CR 및 SBS와 연화제를 첨가한 PMA의 조성과 물리적 특성들을 Table 2에 나타내었다. CR의 함량을 일정하게 하여 SBS와 연화제에 따라 CR/SBS 개질 아스팔트의 물리적 특성이 크게 변화할 것으로 예측되었다. SBS블록공중합체는 고온에서 영구변형, 저온에서 유연성, 피로(fatigue), 인장강도 및 온도 감응성을 개선하기 위한 아스팔트 바인더의 개질제로 사용하였다. SBS블록공중합체의 구조는 Figure 1과 같다. SBS블록공중합체의 구조는 탄성체의 양 말단에 스티렌 블록으로 이루어져 있다. 부타디엔 도메인은 탄성영역을 강화하는 충전제의 역할과 함께 3차원 망상구조를 형성하는 물리적 가교제로서의 역할을 한다. SBS블록공중합체는 soft segment 구조의 butadiene의 양쪽에 hard segment 구조의 styrene 블록이 결합되어 있는 삼중블록구조를 가지고 있다. SBS블록공중합체의 모폴로지는 butadiene 매트릭스에 styrene의 도메인(domain)이 형성되어 있음을 보여준다. 따라서, polystyrene과 poly-butadiene이 화학적으로 구분되는 블록구조를 가지고 있으나 거시적으로는 스티렌블록과 부타디엔 블록이 상분리가 되어있음을 알 수 있다.

CR/SBS 개질 아스팔트의 상온 침입도는 SBS의 함량이 증가함에 따라 감소하였으며, SBS의 함량이 6%에서 45로



가장 낮게 나타났다. SBS의 함량이 3%에서 아스팔트 바인더가 연속상을 나타내고, SBS가 분산상을 나타내는 반면, SBS 함량이 6%이상에서는 SBS가 연속상을 보이고 아스팔트 바인더가 분산상을 나타내므로 고무탄성을 갖는 기계적 성질을 갖게 된다. 따라서 CR/SBS 개질 아스팔트에서 SBS의 분산정도에 따라 기계적 특성이 변화함을 알 수 있다. SBS의 함량이 3%에서 침입도 및 연화점이 아스팔트 바인더에 비해 크게 개선됨을 알 수 있다. 하절기에 차량에 의한 소성변형에 따른 바퀴자국(rutting)에 대한 저항성이 증가됨을 알 수 있다. 소성변형 후 영구변형에 대한 저항성을 나타내는 복원력(resilience)은 SBS의 함량이 6%에서 3%에 비해 크게 증가함을 나타내었다. 이러한 결과로 부터 SBS블록공중합체의 개질에 의한 아스팔트 혼합물의 물리적 특성이 크게 개선 됬음을 알 수 있다.

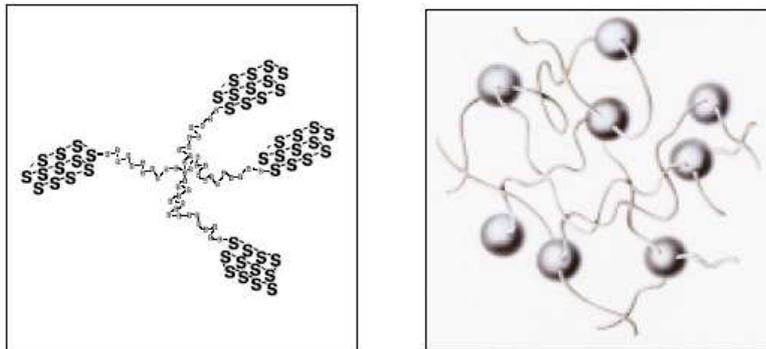


Figure 1. Diagram of Phase Structure of SBS

Table 2. Physical properties of CR/SBS modified Asphalts

Composition (wt%)		Plasticizer (wt%)	Penetration (0.1mm)	Softening Point (°C)	Resilience (%)
SBS	CR				
-	-	-	100	48	-
3	10	-	63	72	28
3	10	5	170	66	15
4	10	-	56	74	26
4	10	5	135	70	30
6	10	-	45	88	43
6	10	5	96	82	40

아스팔트 바인더에서 SBS가 분산상으로 존재하는 범위인 3wt%와 4wt%를 상대비교하기 위해 6wt%에서 상전이의 변화 따른 저온점착강도의 변화를 관찰하고자 했다. 또한 유연제의 첨가에 따라 SBS의 분산상이 변화할 것으로 예측하였다. 이러한 인자들에 의해 CR/SBS 개질 아스팔트의 저온점착특성을 비교하였다. SBS의 함량변화와 유연제의 첨가에 따른 저온인장점착력을 Table 3에 나타내었다. CR/SBS 개질 아스팔트는 아스팔트 바인더에 비해 저온인장점착강도는 크게 증가하는 경향을 보였으나, 신율은 아스팔트 바인더와 유사한 값을 보였다. 모든 CR/SBS 개질 아스팔트는 접착계면에서 파괴가 일어나는 접착파괴(adhesive failure)가 일어남을 관찰하였다. 유연제의 첨가에 의한 저온인장점착력은 CR과 SBS단독으로 개질한 아스팔트에 비해 저온인장점착력이 증가하는 결과를 보였다. 이러한 결과는 유연제가 SBS블록구조의 부타디엔 블록의 용매로 작용하여 부타디엔 블록의 길이를 증가시킨 결과를 예상할 수 있다. 따라서 아스팔트 바인더에서 SBS의 분산성이 증가하여 아스팔트 바인더와 CR과의 상용성이 증가함을 알 수 있다. 유연제를 첨가하지 않은 SBS의 함량이 6%는 상온에서 복원력이 가장 크게 나타난 반면, 저온영역에서의 저온점착특성이 3%에 비해 크게 개선되지 않음을 보였다. SBS의 분산성의 저하는 PMA의 유연성의 감소에 따라 저온에서 고무특성을 보이는



부타디엔 블록에 의한 소성변형(plastic deformation)이 충분히 일어나지 않음을 알 수 있다. 따라서 피착제(adherend)와 접착제(adhesive)간의 계면접착력이 증가해도 SBS와 아스팔트 바인더의 소성변형이 균일하지 않으면 소성변형이 극소 부분에서 피착제와 PMA의 계면에서 급격한 접착파괴가 발생하였다. 따라서 CR/SBS 개질 아스팔트에서 SBS의 균일한 분산은 PMA의 소성변형을 증가시킨다. 유연제를 첨가한 CR/SBS 개질 아스팔트 저온접착력이 증가함을 알 수 있다. 따라서 SBS와 아스팔트 바인더간의 분산에 필요한 공정조건에 대한 추후 연구가 필요하다고 판단된다.

Table 3. Low Temperature Tensile Adhesion Properties of CR/SBS modified Asphalts

Composition (wt%)		Plasticizer (wt%)	Tensile adhesion strength (MPa)
SBS	CR		
-	-	-	0.198
3	10	-	0.309
3	10	5	0.555
4	10	-	0.570
4	10	5	0.677
6	10	-	0.395
6	10	5	0.488

4. 결론

본 연구에서는 페타이어 고무분말(crumb rubber) 및 SBS와 아스팔트를 기본성분으로 하고 유연제를 첨가한 조건에서 물리적 특성과 저온인장력을 조사하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CR/SBS 개질 아스팔트는 페타이어 고무분말 아스팔트 (CRM)에 비해 침입도는 감소하였고 연화점이 증가하였다.
2. 유연제를 첨가한 CR/SBS 개질아스팔트는 SBS함량이 4%에서 가장 큰 저온인장접착력을 나타냈다.
3. SBS의 함량이 6%에서는 저온영역에서의 접착특성은 SBS의 함량이 3%에 비해 개선되지 않은 것으로 나타났다. 아스팔트 바인더에서 SBS의 균일한 분산이 저온인장접착력에 중요한 인자였다.

참고문헌

K. Takamura,(2008). "Methods of rejuvenating road surfaces with polymer modified asphalt emulsion" US Patent 7357594

R. B. Freeman., and D. Johnson (1999). "Cost effectiveness of crack sealing materials and techniques for asphalt pavement" FHWA/MT-98-007/8127, Western Trans. Inst., Montana State University, Bozeman, Mont.

A. J. Hand., Khaled., A. Galal., D. R. Ward., and C. Fang., (2000) "Cost-effectiveness of joint and crack sealing: synthesis of practice" J. Transport. Eng., 126, 521.

ASTM (2006) "Standard test method for penetration of bituminous materials" D5-06

ASTM (2006) "Standard test method for softening point of bitumen (ring-and-ball apparatus)" D36-06

ASTM (2007) "Standard test methods for sealants and fillers, hot applied, for joints and cracks in asphaltic and portland cement concrete pavements" D5329-07