

페타이어 고무 분말을 이용한 재활용 고무 아스팔트 적용 연구 사례

Examples of Application of Recycled Rubber Asphalt using Crumb Rubber



한종민 Jong-Min Han
(재)한국건설생활환경시험연구원
선임연구원
E-mail : jmhan@kcl.re.kr



김두병 Doo-Byong Kim
(주)로드빌
부설연구소 소장
E-mail : 0196343588@hanmail.net

1. 서론

재활용 고무 아스팔트는 폐고무 및 페타이어 분말을 중량기준으로 15% 이상 함유하고 아스팔트 시멘트 등을 혼합한 재활용고무 아스팔트에 대한 표준으로서 2009년에 GR M 6011[재활용 고무 아스팔트]로 제정되어 사용되어 왔으며, 현재 2014년도 KS I 3409[재활용 고무 아스팔트]로 전환되어 활용되고 있다.

금번 특집기사에서는 ① 아스팔트에 페타이어 고무 분말(Crumb Rubber, CR)을 이용한 재활용 고무 아스팔트에서의 물리적 특성 중 유연제의 영향에 대한 연구 사례와 더 나아가 ② CR과 SBS(스티렌-부타디엔-스티렌 블록공중합체 (SBS triblock copolymer))를 첨가한 고분자 개질 아스팔트(polymer modified asphalt, PMA)에 대한 저온접착특성에 대한 적용 연구 사례를 소개하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구사례 1 : 페타이어 고무분말 개질 아스팔트의 물리적 특성에서 유연제의 영향

2.1.1 서론

CR개질 아스팔트는 안정성, 내산성 및 내균열성이 우수하여, 골재를 피복하는 막의 두께와 내산화성이 증가하여 포장수명이 증가하는 것으로 알려져 있다(김진광, 1990).

그러나 국내에서 CR개질 아스팔트를 시험 포장을 한 결과, 기술적인 문제점이 노출되었다. 그 동안 아스팔트의 종류와 첨가제, 제조시간 및 온도의 변화에 따른 기술적 데이터가 축적되어 있지 않기 때문에, 문제점을 해결하기 위해서는 균일한 혼합을 위한 첨가제를 개발하고 관련된 기술적 데이터를 축적할 필요가 있다고 판단된다(김진국, 1997).

본 연구에서는 CR 개질 아스팔트에서 CR과 아스팔트의 혼합온도와 유연제의 함량에 따라 CR 개질 아스팔트혼합물의 물리적 특성과 저온접착력에 대해 고찰하였다.

2.1.2 재료 및 실험

① 재료

바인더로 사용된 아스팔트는 SK사의 침입도 등급이 80-100인 AP-3 스트레이트 아스팔트를 사용하였다. 아스팔트바인더의 개질제는 CR을 사용하였으며, 입자크기가 30mesh인 CR을 자원재생공사에서 구입하여 사용하였다. 국내에서 얻어지는 CR은 대형 타이어의 연마공정에 의하여 얻어지며, 고무성분에서 천연고무가 주성분으로 구성되었다. 아스팔트의 유연제(flexibilizer)는 로드셀사의 파라핀계 오일인 R-3을 사용하였으며, 유연제의 유동점은 -60℃이고, 인화점은 265℃인 특성을 보였다.

② CR 개질 아스팔트의 제조

AP-3는 원료 그대로 사용하였으며, CR표면에 존재하는 수분을 제거하기 위해 80℃로 유지된 진공건조기에서 24시간 건조 하였다. 혼합반응조건은 아스팔트가 완전 용융되었을 때 개질제인 CR을 아스팔트에 대해 10wt%를 소량씩 나누어 첨가하여 혼합반응 시켰다. 혼합반응조건은 600rpm의 교반속도로 180℃의 온도에서 최대반응시간을 1시간으로 하였다. 유연제 함량에 따른 CR의 물리적 특성을 조사하기 위해 아스팔트 바인더에 대해 유연제를 2~15wt%첨가한 후 CR을 10wt%를 소량씩 나누어 첨가하여 혼합반응 시켰다. 혼합반응조건은 600rpm의 교반속도로 210℃의 온도에서 최대반응시간을 1시간으로 하였다.

③ 침입도 및 연화점 측정

침입도의 측정은 ASTM D5에 따라 7회 이상 반복하여 침입도 값을 측정하였으며, 최대 침입도 값과 최소 침입도 값을 제외한 5개의 침입도 측정치를 평균한 값을 침입도로 결정하였다. 연화점의 측정은 ASTM D36에 따라 3회 이상 반복하여 연화점을 측정하였다.

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 건조하

여 사용하였다. 두 개의 화강암블록 양쪽 끝에 12.5mm×12.5mm×25mm크기의 인조대리석 블록지대를 설치한 후 빈 공간에 CR 개질 아스팔트를 채운 뒤 상온에서 24시간 냉각하였다. 시험시편을 -20℃에서 2시간 이상 정치시킨 다음 측정하였다. -20℃ 온도가 유지된 챔버가 설치된 만능시험기를 이용하여 crosshead speed는 12.5mm/min 로 3회 이상 반복하여 측정하였다.

2.1.3 결과 및 고찰

평균입자크기가 30mesh인 CR로 고정시키고 CR의 함량에 따른 침입도와 연화점을 [표 1]과 <그림 1>에 나타내었다. 일반적으로 고분자 개질 아스팔트의 연화점과 침입도는 고분자 개질제의 물리적 특성과 고분자의 함량에 의존한다(Palit et al, 2004). CR 개질 아스팔트는 아스팔트 바인더에 비해, 침입도는 감소하는 반면, 연화점은 증가하는 경향을 보이고 있다.

[표 1] The Properties of CR modified Asphalt

Property	Content (wt%)		
	0	5	10
Penetration at 25℃(0.1mm)	100	69	68
Softening point(℃)	48	55	63
Penetration index(PI)	-0.70	0.51	1.11

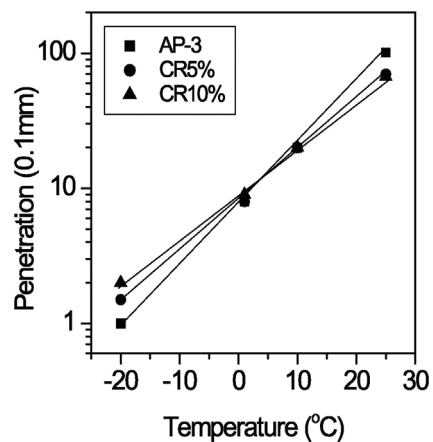


그림 1. Variation of penetration of CR modified asphalts as a function of CR contents at 180℃, 1hr.

침입도 지수는 아스팔트바인더의 온도 민감성을 나타내는 물리적 특성의 척도로 사용되고 있다. 온도 민감성은 아스팔트바인더를 이용한 도로포장 및 도로 보수재료들에 중요한 특성 중에 하나이다. 저온영역에서 아스팔트바인더는 골재와의 계면에서 분리와 공극에 침투된 수분의 영향으로 응력균열이 발생하게 된다. 따라서 아스팔트바인더의 연성은, 포장용 아스팔트뿐만 아니라 도로 및 교량유지 보수제로 사용되고 있는 아스팔트 실란트에 가장 필요한 물리적 특성이라 판단된다. 침입도 지수가 증가할수록 아스팔트바인더의 온도 민감성이 감소한다. CR의 함량이 5wt%에서 침입도 지수가 아스팔트 바인더의 범위에 있음을 나타냈으나, 10wt% 이상에서 침입도지수가 1 이상을 나타내었다. 이러한 결과로부터 CR의 함량이 10wt% 이상에서 온도 민감성이 감소하는 것을 알 수 있다.

교반속도를 600rpm으로 하여 혼합반응이 지속적으로 이루어진 상태에서 혼합온도, 반응시간 및 유연제의 첨가에 따른 침입도와 연화점의 변화를 측정하였다. 반응온도가 180℃와 210℃ 조건에서 물리적 특성을 [표 2]에 나타내었다.

CR의 함량이 10wt%로 개질한 아스팔트혼합물에 파라핀계 오일을 2wt% 첨가한 경우, 연화점은 일정한 반면, 침입도는 감소함을 보였다. 또한 온도 민감성을 나타내는 침입도지수가 증가하였다. 이는 CR의 구성성분인 SBR과 NR에 오일성분이 확산되었음을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 유연제에 의해 CR의 팽윤이 증가되어 침입도가 감소한 것으로 판단된다. 타이어의 제조에서도 가황공정에서

[표 2] Properties of CR modified Asphalt as the Temperatures

Composition(wt%)		Processing Condition	Penetration (0.1mm)	Softening point(°C)	PI
CR	R-3				
0	0	-	100	48	-0.70
10	0	180°C, 1hr	68	63	1.11
0	2	180°C, 1hr	166	46	0.49
10	2	180°C, 1hr	96	56	1.54
10	2	210°C, 1hr	130	56	1.43

[표 3] Low Temperature Tensile Adhesion Properties of CR modified Asphalt as the Temperatures

Composition(wt%)		Processing condition	Tensile adhesion strength(MPa)
CR	R-3		
0	0	-	0.198
5	0	180°C, 1hr	0.237
10	0	180°C, 1hr	0.278
10	2	180°C, 1hr	0.243
10	2	210°C, 1hr	0.395
10	5	210°C, 1hr	0.472
10	10	210°C, 1hr	0.606
10	15	210°C, 1hr	0.597

오일을 사용하고 있으며, 오일은 고무에 침투해 점도를 저하시키는 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 혼합온도가 증가한 데 따른 물리적 특성을 확인하기 위해, 210℃에서 침입도가 크게 증가함을 보였다. 이는 혼합반응온도가 210℃에서 오일에 의한 CR의 해리가 가속화되면서 아스팔트혼합물의 연성이 증가한 것으로 생각된다. CR개질 아스팔트 혼합물을 -20℃에서 측정된 접착인장강도를 [표 3]에 나타내었다.

모든 CR개질 아스팔트 혼합물들은 피착재의 표면에서 떨어지는 접착파괴(adhesive failure) 현상을 보였다. 이는 저온에서 개질 아스팔트혼합물과 석재 사이의 접착강도가 개질 아스팔트의 인장강도 보다 약하기 때문에 일어나는 현상이다. 유연제인 R-3를 첨가한 개질 아스팔트의 경우 혼합반응온도가 210℃는 180℃보다 인장접착강도는 62%

와 강인성이 230% 증가하였다. CR의 팽윤이 증가할수록 연성이 증가하여 인장접착강도가 증가함을 확인할 수 있다. 이러한 결과들로부터 저온에서 온도 민감성을 향상시킨 CR 개질 아스팔트는 혼합반응시간보다는 혼합반응온도와 유연제가 더 효과적인 인자임을 알 수 있다. 210℃에서 유연제의 함량을 변화하여 저온에서 저온 접착강도를 측정하였다. 유연제의 함량이 10%에서 2%에 비해 153% 증가한 결과를 보였다. CR

개질 아스팔트에서 유연제의 함량이 10%에서 가장 우수한 저온인장접착특성이 우수함을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 유연제의 함량이 증가할수록 CR의 팽윤을 증가시킨 결과로 CR과 아스팔트바인더간의 상용성과 연성을 증가시킨 결과로 예측할 수 있다. 따라서 저온에서 아스팔트 바인더의 유연성이 소성변형을 증가시킴으로 저온인장강도가 증가함을 알 수 있다.

2.2 연구사례 2 : CR/SBS 개질 아스팔트의 저온접착특성

2.2.1 서론

도로의 유지보수제로 사용되고 있는 고분자 개질 아스팔트(polymer modified asphalt, PMA)는 저온유연성과 고온변형력을 향상시킨 것이다. 도로의 보수 및 유지용으로 사용되고 있는 아스팔트 실란트는 스티렌-부타디엔-스티렌 블록공중합체(SBS triblock copolymer)와 페타이어 고무 분말(crumb rubber, CR)을 첨가한 PMA를 사용하고 있다. SBS블록공중합체는 고무탄성 성질과 열가소성의 성질을 함께 가지고 있어 기존의 도로포장용 혼합물 및 도로의 취성파괴를 방지하는 아스팔트 실란트로 사용되고 있다 (Hand, 2000). 고분자 개질 아스팔트는 기존 아스팔트 바인더가 갖는 저온 취성과 탄성회복율이 개선되었으나, 고분자와 아스팔트 바인더간의 상분리 현상에 따라 기계적 물성이 저하하게 된다. 따라서 PMA의 가공성과 저온접착성을 향상시키기 위한 아스팔트 바인더와 고분자간의 상용성에 대한 규명이 필요하다.

2.2.2 재료 및 실험

① 재료

아스팔트 바인더는 SK사의 침입도 등급이 80-100인 AP-3 스트레이트 아스팔트를 사용하였다. 개질제는 CR과 SBS 블록 공중합체를 사용하였으며, 입자크기가 30 mesh인 CR을 자원재생공사에서 구입하여 사용하였다. 국내에서 얻어지는 CR은 대형 타이어의 연마공정에 의하여 얻어지며, 고무성분에서 천연고무가 주성분으로 구성되었

다. SBS는 (주)금호석유화학의 KTR 101을 사용하였고, 물리적 특성은 Table 4에 나타내었다. 유연제(flexibilizer)는 (주)미창석유공업의 파라핀계 오일인 4060을 사용하였으며, 유연제의 유동점은 -45°C 이고, 40°C 에서 동점도는 8.0 cSt인 특성을 보였다.

② CR 개질 아스팔트의 제조

CR표면에 존재하는 수분을 제거하기 위해 80°C 로 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°C 에서 질소로 치환 하였다. 최대혼합 반응시간은 SBS를 아스팔트 바인더에 첨가한 후 3시간으로 하였다.

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.

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×25mm크기의 인조대리석 블록지지대를 설치한

[표 4] 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

후 빈 공간에 CR 개질 아스팔트를 채운 뒤 상온에서 24시간 냉각하였다. 시험시편을 -20°C 에서 2시간 이상 정치시킨 다음 측정하였다. -20°C 온도가 유지된 챔버가 설치된 만능시험기를 이용하여 crosshead speed는 12.5mm/min로 3회 이상 반복하여 측정하였다.

2.2.3 결과 및 고찰

아스팔트 바인더, CR 및 SBS와 연화제를 첨가한 PMA의 조성과 물리적 특성들을 [표 5]에 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 <그림 2>와 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 polybutadiene이 화학적으로 구분되는 블

록구조를 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

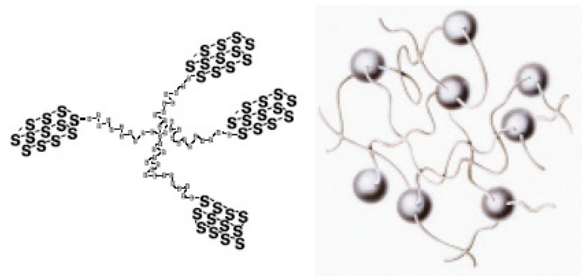


그림 2. Diagram of Phase Structure of SBS

[표 5] Physical properties of CR/SBS modified Asphalts

Composition(wt%)		Plasticizer(wt%)	Penetration(0.1mm)	Softening Point($^{\circ}\text{C}$)	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

3%에 비해 크게 증가함을 나타내었다. 이러한 결과로 부터 SBS블록공중합체의 개질에 의한 아스팔트 혼합물의 물리적 특성이 크게 개선 됨을 알 수 있다.

아스팔트 바인더에서 SBS가 분산상으로 존재하는 범위인 3wt%와 4wt%를 상대비교하기 위해 6wt%에서 상전이의 변화 따른 저온접착강도의 변화를 관찰하고자 했다. 또한 유연제의 첨가에 따라 SBS의 분산상이 변화할 것으로 예측하였다. 이러한 인자들에 의해 CR/SBS 개질 아스팔트의 저온접착특성을 비교하였다. SBS의 함량변화와 유연제의 첨가에 따른 저온인장접착력을 [표 6]에 나타내었다. CR/SBS 개질 아스팔트는 아스팔트 바인더에 비해 저온인장접착강도는 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 저온인장접착력은 CR과 SBS단독으로 개질한 아스팔트에 비해 저온인장접착력이 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 저온접착특성이 3%에 비해 크게 개선되지 않

음을 보였다. SBS의 분산성의 저하는 PMA의 유연성의 감소에 따라 저온에서 고무특성을 보이는 부타디엔 블록에 의한 소성변형(plastic deformation)이 충분하게 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.

3. 결론

페타이어 고무분말(crumb rubber)과 아스팔트를 기본 성분으로 하고 혼합온도 및 유연제를 첨가한 공정조건에 따른 물성변화를 조사하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- ① 유연제에 의해 개질된 아스팔트혼합물은 아스팔트바인더에 비해 온도 민감성이 작음을 알 수 있었다.
- ② 유연제를 첨가한 CR개질아스팔트는 혼합시간이 증가함에 따라 저온인장접착 특성이 증가하였다.
- ③ 아스팔트에 유연제를 첨가한 아스팔트혼합물은, 반응온도가 210℃가 180℃에 비해 저온인장접착강도와 강인성이 크게 증가하였다. 반응온도가 210℃에서 유연제가 증가함에 따라 CR 개질 아스팔트의 저온특성이 향상되었다.

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.

[표 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

- 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.

담당 편집위원 : 한종민(한국건설생활환경시험연구원)

참고문헌

1. 김진광(1990) "페타이어를 이용한 고무아스팔트 포장" 타이어고무, 10~19
2. 김진국(1997) "페타이어 개질 고무 아스팔트" 고분자과학과 기술, 8, 754~760.
3. ASTM(2006) "Standard test method for penetration of bituminous materials" D5~06
4. ASTM(2006) "Standard test method for softening point of bitumen(ring-and-ball apparatus)" D36~06
5. ASTM(2007) "Standard test methods for sealants and fillers, hot applied, for joints and cracks in asphaltic and portland cement concrete pavements" D5329~07
6. Palit, S., Reddy, S., and Pandey, B., (2004) "Laboratory evaluation of crumb rubber modified asphalt mixes." Journal of Materials in Civil Engineering, 16, 45~53.
7. K. Takamura, (2008). "Methods of rejuvenating road surfaces with polymer modified asphalt emulsion" US Patent 7357594
8. R. B. Freeman., and D. Johnson(1999). "Cost effectiveness of crack sealing materials and techniques for asphalts pavement" FHWA/MT-98-007/8127, Western Trans. Inst., Montana State University, Bozeman, Mont.
9. 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.
10. ASTM(2006) "Standard test method for penetration of bituminous materials" D5~06
11. ASTM(2006) "Standard test method for softening point of bitumen(ring-and-ball apparatus)" D36~06
12. ASTM(2007) "Standard test methods for sealants and fillers, hot applied, for joints and cracks in asphaltic and portland cement concrete pavements" D5329~07