

# 개질 아스팔트를 이용한 상온아스콘 제조 및 실용화 연구

A study on Application and Manufacture Technique of Cold-Mix,  
Cold -Laid Types Asphalt Concrete Using of Polymer Modified Asphalt

김영근\*  
Kim Young Geun

남궁연\*\*  
Namgung Yeon

박유신\*\*\*  
Park Yoo Shin

---

## Abstract

This is the Study on Application and Manufacture Technique of Cold-Mix, Cold-Laid Types Asphalt Concrete using of polymer modified asphalt that could be constructed easily and economically on damaged road repaireless for seasons.

The modified materials for this study are SBS(Styrene-Butadiene-Styrene), SBR (Styrene-Butadiene-Rubber) and PUR(Polyurethane). The Marshall stability and the value of flow and resistance in water stability degree according to the alternation types and weight percent of modified materials were compared and evaluated on this study.

The results of the study show that PUR modified asphalt have improvement of over 150% Marshall stability in AI MS-14 standard and they are evaluated to have the easiness of storage and better working efficiency compared with other types of modified asphalt compound.

---

## 1. 서론

도로포장은 시공 후 차량통행과 기후환경으로 인해 점차적으로 노후 파손되어 가기 때문에 파손부위에 대한 부분적인 보수를 적정한 시기에 조치해야 하며 그렇게 하지 못할 경우 대규모의 보수가 실시되고 중국에 가서는 재포장을 하게 되므로 막대한 경제적 손실을 초래하게 된다. 이와 같이 도로포장은 내구연한을 갖게 되며, 포장의 내구연한동안 적절한 보수시기와 보수공법을 선정하는 것이 매우

---

\* 정회원, 한국건설자재시험연구원 수석연구원

\*\* 한국건설자재시험연구원 선임연구원

\*\*\* 정회원, 한국건설자재시험연구원 연구원

중요하다고 하겠다. 최근의 국내 도로여건은 급격한 차량증가 뿐만 아니라 30톤 이상 되는 중차량의 통행이 증가되고 있어, 보수시기가 좁혀져 가고 있으며 보수부위 또한 다발적으로 발생하고 있는 실정이다<sup>11)</sup>.

현재 국내에서는 도로보수시 가열역청혼합물과 비가열아스팔트를 병행해서 사용하고 있으나 이와 같이 보수부위가 비교적 작고 다발적으로 발생할 경우 가열역청혼합물을 사용한 보수는 장비, 인력동원, 작업방법이 복잡하여 비경제적으로 평가되고 있으며 더욱이 차량통행에 막대한 지장을 초래하고 있는 실정이다. 이러한 교통란 해소를 위해 이미 수년 전에 개발되어 간편하게 보수작업을 마무리할 수 있는 비가열형 아스팔트 혼합물(상온아스콘)의 사용이 최근 증가하고 있는 추세이나 국내에서 생산, 판매되고 있는 상온아스콘은 도로보수 및 포설용으로 적용하기 위한 품질수준이 아직 미흡한 실정이며<sup>12)</sup> 보다 우수한 상온아스콘개발이 요구되고 있다.

일반적으로 가열아스콘의 경우 기존 아스팔트의 소성변형 문제를 해결하기 위해 다양한 폴리머 재료를 선택하여 수행한 바 있으나 상대적으로 상온아스콘의 성능개선에 대한 연구는 미흡한 실정이다<sup>13)</sup> 따라서 본 연구에서는 이러한 목적으로 국내에서 생산판매되고 있는 폴리머재료로 SBS (Styrene-Butadiene-Styrene), SBR(Styrene-Butadiene-Rubber), PUR(Polyurethane)를 이용하여 아스팔트를 개질시키고, 그 특성을 분석하여 상온아스콘의 물성증진에 효과가 큰 폴리머개질제를 선정하여 국내에서의 실용화를 추진하고자 한다.

## 2. 시험개요

### 2.1 사용재료

#### 2.1.1 아스팔트

본 연구에 사용된 아스팔트는 국내 H사에서 생산되는 침입도 85~100의 스트레이트 아스팔트로서 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 Physical Properties of Asphalt Cement (AP-3)

Item	Unit	Spec. of KS	Sample	Remark
Specific Gravity	-	-	1.024	25℃
Penetration	0.1mm	85~100	86	25℃, 100g, 5sec
Ductility	cm	upper 100	upper 150	25℃, 5cm/min
Softening Point	℃	-	46℃	5℃/min
Penetration ratio after TFOT	%	upper 47	80	<u>after TFOT</u> before TFOT
Ductility ratio after TFOT	%	upper 75	upper 50	<u>after TFOT</u> before TFOT
Solubility in Trichloro ethane	%	upper 99.0	99.95	
Asphalten Content	%		8.0	

\*TFOT : Thin-Film Oven Test

#### 2.1.2 개질제

본 연구에 사용된 아스팔트 개질제는 SBR, SBS, PUR로써 SBR, SBS는 국내 K사에서 생산 판

매되고 있는 폴리머 재료를 선택하였으며 PUR은 상온아스콘 제조특성에 적합한 물성을 위해 본 연구원에서 합성제조하였으며, 이들 물성은 표 2~4에 나타낸 바와 같다.

표 2 Physical Properties of SBR

Items	unit	Sample	Remark
Specific Gravity		0.98	
Viscosity	cps	2100	at 25°C,
Styren Content	%	40	
Solid Content	%	35	
Type	-	liquid	

표 3 Physical Properties of SBS

Items	Unit	Sample	Remark
Specific Gravity	g/cm <sup>3</sup>	0.94	ISO 2781
Styrene Content	%	31	
Volatile Matter	% mass	0.5	
Solution Viscosity	cps	4500	
Melt Index, 200°C/5kg	g/10min	<1	ASTM D 1238
Hardness(Shore A, 5sec)		74	ASTM D 2240
Tensile Strength	MPa	25	KS M 6518-72 <sup>(4)</sup>
Modulus at 300% <sup>(3)</sup>	MPa	2.5	KS M 6518-72 <sup>(4)</sup>
Elongation at Break <sup>(3)</sup>	%	7770	KS M 6518-72 <sup>(4)</sup>
Physical Form		Dusted Porus Pellet	

표 4 Physical Properties of Synthesis PUR

Items	unit	Sample	Remark
Specific Gravity		0.95	
Viscosity	cps	600	at 25°C
NCO Content	%	4.2	
Solid Content	%	36	
Type	-	liquid	

### 2.1.3 골재

도로포장용 골재라 함은 포장체를 구성하는 표층, 기층, 보조기층 등을 축조키 위해 사용되는 자갈, 모래, 부순돌, 석분 등 그밖의 이와 유사한 성격을 띠는 모든 재료를 포함하며<sup>(4),(5)</sup> 본 연구를 수행키 위한 시료로서 굵은 골재는 충청북도에서 채취한 부순돌을, 잔골재는 동해에서 채취한 해사를 사용하였으며 이들의 물리적 성질은 표 5 표 6과 같다.

표 5 Physical Properties of coarse aggregate

Specific Gravity	absorption (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Soundness use of Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	abrasion (%)	FM
2.69	0.32	1565	3.5	19.28	5.65

표 6 Physical Properties of fine aggregate

Specific Gravity	absorption (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )	Soundness use of Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (%)	Weight of Passing NO.200 sieve (%)	Orgnic Impurites	FM
2.58	1.09	1640	1.5	0.81	Nil	3.1

## 2.2 시험준비

### 2.2.1 폴리머 고분자 개질제 제조

스트레이트 아스팔트에 용제 및 유화제를 혼합하여 제조한 Cut-back Asphalt 및 유화 아스팔트는 상온에서 가공 및 시공이 가능하여 도로포설 및 보수시 계면접착용 프라이머 코팅제로 사용되고 있으나<sup>(6),(7)</sup> 상온아스콘 바인더로 그대로 적용시키는 것은 불가하다.

따라서, 본 연구에서는 아스팔트의 내구성, 인장강도 및 내유동성을 향상시킬 목적으로 선진외국에서 일반적으로 사용하고 있는 SBR, SBS, PUR 폴리머 개질제<sup>(9),(10),(11),(12),(13)</sup>를 적용시켜 상온에서 혼합·포설이 가능하고 미개봉시 6개월 이상 보관이 가능하게 함은 물론 초기강도 발현이 우수한 상온 아스콘을 제조 및 비교평가하고자 다음과 같이 개질제 종류 및 함량을 변화시켜 폴리머 개질아스팔트를 구분 제조하였다.

SBR 개질 아스팔트는 고품질의 SBR은 용제로 용융시켜 제조한 후 아스팔트(Base Asphalt)의 무게비 7.5wt%, 10wt%, 12.5wt%, 15wt%, 17.5wt%로 구분 혼합해서 제조하였다. SBS 개질아스팔트는 Dusted Porous Pellet Type의 SBS를 역시 용제로 용융시켜 제조한 후 아스팔트(Base Asphalt)의 무게비 7.5wt%, 10wt%, 12.5wt%, 15wt%, 17.5 wt%로 구분 혼합해서 제조하였다.

또한 PUR 개질아스팔트는 본 연구에서 합성한 액체상태의 PUR를 아스팔트(Base Asphalt)의 무게비 7.5wt%, 10wt%, 15wt%, 20wt%, 25wt%, 30wt%, 50wt%로 구분해서 각각 제조하였다.

표 7 Gradation of aggregate

Sieve Size	Weight percent passing	
	Gradation	Sample
20 mm	100	100
13 mm	95~100	100
NO. 4	23~45	39
NO. 8	15~30	23
NO. 30	8~20	8
NO. 50	4~15	4
NO.100	4~10	4
NO.200	2~7	2
Weight Asphalt(%)	3.5~5.5	

## 2.2.2 골재배합설계

시험에 사용한 혼합물의 종류는 현재 국내에서 도로보수용으로 사용되고 있는 최대입경 10mm 이하 골재로서 본 연구에서는 개립형 혼합합성 입도<sup>(14)</sup>로 배합설계하였으며 그 결과를 표 7에 나타내었다.

## 2.2.3 공시체 제작

가열하지 않은 표준합성입도 골재에 2.2.1에서 제조된 개질아스팔트를 4.5wt%, 5.0wt%, 5.5wt%씩 각각 첨가시켜 상온아스콘 혼합물을 제조한 후 역시 상온(25℃)에서 50회 양면다짐하여 16~19시간 대기 방치한다. 양생이 완료되었으면 탈형한 후 25℃ 항온조에서 2시간 양생시키고 즉시 마찰안정도를 측정한다.

수침잔류안정도 시험용 공시체 역시 마찰공시체 제작방법과 동일하게 제작하고 25℃에서 2시간, 24시간, 48시간 각각 수침시킨 후 마찰안정도 시험방법에 따라 시험한다.

## 2.3 시험방법

본 연구에서 수행한 평가방법은 미국아스팔트협회 AI(American Asphalt Institute)에서 규정한 Asphalt Cold-Mix Manual MS-14(상온역청혼합물의 배합설계를 위한 시험방법)<sup>(15)</sup>과 한국산업규격 KS F 2349(가열혼합, 가열포설역청혼합물)<sup>(14)</sup> 시험방법에 따라 표준용 아스팔트의 도로포장 최저 설계기준을 근거로 각 개질아스팔트 혼합물에 대한 마찰안정도 및 흐름값을 평가하였다.

또한, 포장체의 내수성을 평가하기 위해 개질재의 종류 및 함량에 따른 상온아스콘 포장체의 수침 잔류안정도를 비교실험 하였으며<sup>(5),(16)</sup> 그 기준은 표 8과 같다.

## 3. 시험결과 및 분석

### 3.1 마찰특성치에 의한 평가

아스팔트 개질재 종류 및 함량변화에 따른 마찰안정도 시험<sup>(16)</sup>결과는 그림 1, 그림 2 및 그림 3과 같다.

그림 1, 그림 2 및 그림 3은 2.2.3에서 제조한 SBS, SBR, PUR 개질 아스팔트 혼합재를 각각 아

표 8 Marshall Design Criteria for Paving Mixture

Test Property	Unit	Criteria		Remark
		Minimum	Maximum	
Number of blows (Hand Compactor)			50	KS F 2349
Marshall Stability	kgf	300(227)		(Maintenance Mixture) AI MS-14
Flow	0.1 mm	20	40	AI MS-14, KS F 2349
Air Voids	%	10	15	KS F 2349 (open mixture)
Void filled	%	65	85	KS F 2349
Stability Retention after 4day Water	%	75		AI MS-14

스콘 배합설계 방법에 따라 표준입도 합성골재의 무게비 4.5wt%, 5.0wt%로 변화시키면서 비교 실험한 결과이다. 이상의 결과로 볼 때 아스팔트 개질재량이 증가할 수록 공히 마샬안정도가 높게 나타나고 있으나 과잉첨가시 오히려 안정도가 감소하는 경향을 보여주고 있다.

좀더 구체적으로 그림 1.에서 볼 수 있듯이 SBR 개질아스팔트의 경우 원아스팔트(Base Asphalt, AP-3)에 대한 무게비 10.0wt% 조건에서 최고 마샬안정도를 나타내고 있으나 보관성 및 작업성을 고려할 때 10.0wt% 보다는 12.5wt%가 적정한 것으로 평가되었으며 그림 2.에 나타난 SBS 개질 아스팔트의 경우에는 원아스팔트(Base Asphalt, AP-3)의 15.0wt%를 혼합시 AI(American Institute) MS-14에서 요구하는 보수용 아스팔트 마샬안정도 227kg을 상회할 정도로 비교적 양호한 안정도값을 얻을 수 있었으며 그 이상 혼합시 오히려 안정도가 낮아져 결국 25.0wt%를 고비로 AI MS-14 요구 안정도에 못미치는 결과를 얻었다.

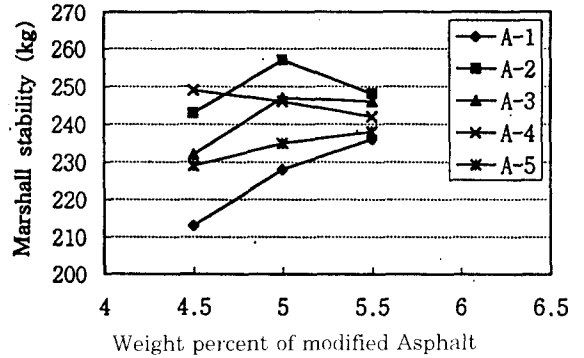


그림 1 Test property Curves for SBR Modified Asphalt Mixture by the Marshall Method

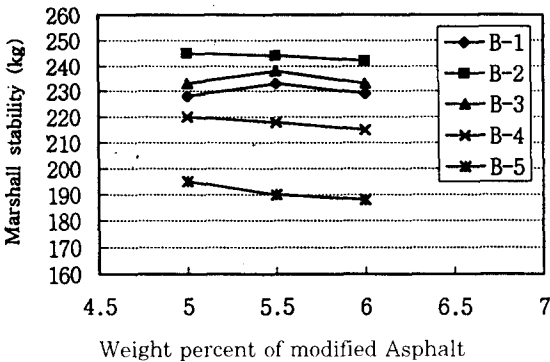


그림 2 Test property Curves for SBS Modified Asphalt Mixture by the Marshall Method

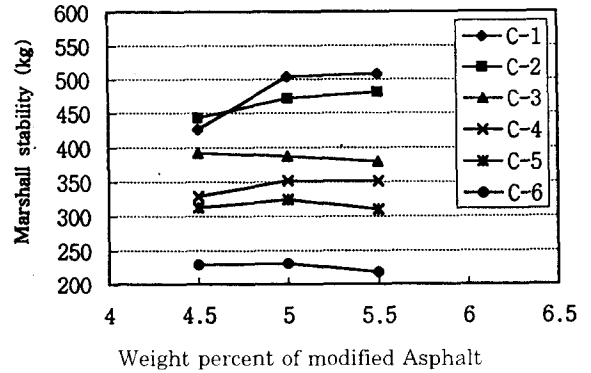


그림 3 Test property Curves for PUR Modified Asphalt Mixture by the Marshall Method

그림 3.에 나타난 PUR 개질 아스팔트의 경우는 원아스팔트 대비 10.0wt% 에서부터 30.0wt% 조건에서 공히 AI 기준을 모두 만족할 정도로 우수하게 평가되었으며 특히 10.0wt% 를 혼합한 경우 마샬안정도가 500kgf를 넘는 수준으로 급상승하였다. 그러나 10.0wt% 및 15.0wt%의 조건에서는 콘크리트 혼합물의 제조 및 보관에 어려움이 있었고 반면 30.0wt% 및 50.0wt% 의 조건에서 작업성 및 보관성은 우수하였으나 비경제적이었으며 다짐후 초기강도 발현에 다소 미흡한 점이 있었다. 따라서 PUR 개질재의 최적 혼합조건은 아스팔트 무게비 20 - 25% 정도이고 이 혼합물은 골재와 혼합시 5.0wt% 의 조건이 최적배합설계 조건임을 알 수 있었다.

### 3.2 수침잔류 안정도 비교시험

아스팔트 포장의 내수성을 평가할 수 있는 시험방법으로서 AI MS-14 규정에 따르면 25℃에서 4일

간 수침시킨 후 잔류안정도를 시험하여 75% 이상 되어야 한다.<sup>15)</sup> 그러나 AI의 공시체 제작 방법과 현실적으로 공시체의 제작방법에서 차이가 있어 본 연구에서는 25℃의 물속에 24시간 수침시킨 후 시험하여 75% 이상 되도록 배합설계하였다.

위에서 제시된 시험방법으로 시험한 결과 그림 5.에서 볼 수 있듯이 PUR 개질 아스팔트 공시체의 잔류안정도가 85.5%로 양호하게 나타났으며 그외 SBS 및 SBR 개질 아스팔트는 50% 이하였으며 일부 공시체의 경우 붕괴되는 경우도 있었다.

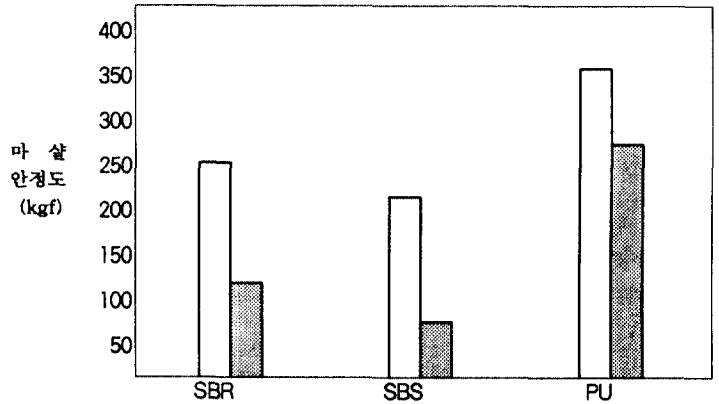


그림 5 Effect of modified asphalt types on mashall stability in water

#### 4. 결론

본 연구에서는 국내에서 생산되고 있는 SBR, SBS 및 PUR 등의 폴리머 재료를 사용하여 국내에서 일반 포장용으로 사용되고 있는 스트레이트 아스팔트(AP-3)를 개질시켜 상온 아스콘을 제조하기 위한 배합설계 기술과 그 혼합물의 특성을 고찰하는 연구를 수행하였으며 연구결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 본 연구에서는 상기 3종의 폴리머 개질재를 이용하여 국내에서 가열형 아스팔트 로 가장 많이 사용되고 있는 AP-3를 상온하에서도 혼합 및 포설이 가능하도록 개질 아스팔트의 제조가 가능하였다.
- (2) 기건상태의 골재를 별도의 가열장치없이 그대로 개질아스팔트와 혼합이 가능하였 으며 이로 인해 기존방식에서 골재 가열건조시 발생하는 매연 및 먼지가 발생치 않음으로서 2차적인 환경보존 효과를 얻을 수 있었으며 더우기 보관성이 우수하여 혼합물 제조후 6개월 이내에 간단한 방법으로 보수 시공이 가능하였다.
- (3) 마샬안정도 시험결과 3종의 폴리머재료 모두 AI MS-14에서 요구하는 보수용 아스팔트의 마샬안정도 품질기준을 만족하였으며, 특히 PUR 개질아스팔트 혼합물의 마샬안정도값이 최고 350kgf를 상회하는 좋은 결과를 얻었다. 이는 AI 기준의 1.5 배가 넘는 값으로서 종래 상온아스콘의 문제점인 초기강도 발현에 대한 문제점이 대폭 개선된 것으로 평가된다.
- (4) 도로포설후 아스팔트의 누적강도 및 내구성을 알아보고자 공시체 탈형후 대기 방 치시간에 따른 마샬안정도를 평가한 PUR 개질아스팔트의 경우 초기안정도 358kgf에서 7일 후 865kgf, 21일후 마샬안정도가 1000kgf를 상회할 정도로 명백하게 호전되었다. 이는 도로포장시 하중에 의한 누적다짐이 진행될 경우 더 큰 효과를 기대할 수 있는 수치라 하겠다.
- (5) 수침잔류안정도는 물속에서 골재와 바인더의 부착강도 저하여부를 평가함으로서 아스팔트 혼합물의 내구성을 알아볼 수 있는 시험이다. 이 시험결과 PUR 개질아스팔트의 경우 25℃ 물속에서 24시간 수침시킨 후 잔류안정도는 85% 이상였고 7일 양생시킨 공시체의 잔류안정도는 무려

93% 이상이었으며 48시간 잔류안정도 역시 80% 정도로 물속에서의 내구성 및 부착성이 우수하게 평가되었다.

## 참 고 문 헌

1. 김연복 외 3, 우리나라 아스팔트포장의 덧씌우기 설계기준 개발, 한국건설기술연구원, 1993.
2. 김영근 남궁연 신정엽, 상온아스콘제품의 특성평가 및 시방연구, 한국전자재시험연구원 연구보고서, 1995.
3. 김현준, 긴급도로보수용재, 대한민국 특허공보, 95-6735.
4. 대건사, 아스팔트 포장 핸드북, 1993.
5. 건설부, 도로포장설계 시공지침, 1991.
6. 한국아스콘공업협동조합, 아스콘 기술총서 제8권, 1996.
7. 김주향, 석유와 포장재의 지식, 1989.
8. 石川勝章, 常溫歷靑混合物, 日本特許公報, 昭56-40172, 1981.
9. 建設省 土木研究所, 各種改質アスファルトの品質性狀試験, 1988. 3.
10. 阿部忠行, 鋪裝用改質アスファルトおよび樹脂結合材-鋪裝用材料の變遷, 鋪裝 24-9, 1989.
11. 坂本浩行, 鋪裝用改質アスファルトおよび樹脂結合材-改質アスファルト, 鋪裝 24-10, 1989.
12. 高田文夫, 鋪裝用改質アスファルトおよび樹脂結合材-樹脂結合材料, 鋪裝25-1, 1990.
13. Bouldin M.G and Collins, J.H, Influence of Binder Theology on Rut Resistance of Polymer Modified and Unmodified Hot Mix Asphalt, ASTM STP 1108. Ed. by wardlaw and Shuler, Philadelphia, PA 19103, 1992.
14. KS F 2349, 가열혼합 가열포설 역청 포장용 혼합물
15. American, Asphalt Institute(AI), Asphalt Cold Mix Manual MS-14, 1990.
16. KS F 2337, 마찰시험기를 사용한 역청 혼합물의 소성흐름에 대한 저항력 시험방법