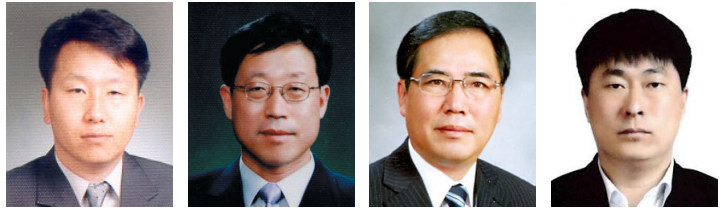


## SMA 포장 생산 및 시공 지침 내용 소개



**옥 창 권** | 정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원  
**손 종 철** | 정회원 · 국토해양부 간선도로과 과장  
**박 덕 호** | 국토해양부 간선도로과 사무관  
**김 태 호** | 국토해양부 간선도로과 담당

### 1. 개요

1990년 초반, 이상 고온 현상과 함께 교통량과 중차량이 급속하게 증가하고, 차량의 지체와 정체가 발생하기 시작하면서부터 여름철에 급속하게 소성변형이 발생하였다. 이러한 아스팔트 콘크리트 포장 소성변형의 최소화를 위하여 국내에서는 아스팔트 혼합물의 골재입도 보완 및 고점도의 개질재 사용 등을 통하여 하절기 고온에서 발생하는 소성변형에 저항할 수 있도록 하였다. 그러나 이와 같은 개질 아스팔트 콘크리트 포장은 소성변형에는 어느 정도 효과가 있었지만, 약 5년 이상 공용 후에 균열이 발생하는 문제점이 나타났다. 이를 개선하기 위하여, 독일에서 개발된 SMA(Stone Mastic Asphalt) 혼합물이 국내에 도입되기 시작하였다. SMA포장은 1995년 고속도로에 시험시공을 실시한 이래, 1997년부터 고속도로 실무현장 적용을 시작으로 일반국도와 지방도 등에 확대되어 적용되고 있다.

국토해양부에서는 골재의 맞물림 특성을 최대로

하여 소성변형에 저항하고 아스팔트를 가능한한 많이 함유하도록 하여 아스팔트 혼합물의 물리적인 단점인 균열과 탈리에 대한 저항성을 높인 SMA포장의 배합설계, 생산 및 시공에 대한 지침을 수립하여 산하기관 및 관련기관에 배포하였다.

본 고에서는 SMA포장 생산 및 시공현장에서 활용할 수 있도록 한 SMA포장의 생산 및 시공 지침에 대한 주요내용을 간략히 소개하고자 한다.

### 2. SMA 혼합물 특성 및 적용현황

#### 2.1 SMA 혼합물 정의

쇄석 매스틱 아스팔트 혼합물(SMA, Stone Mastic Asphalt mixture)은 골재, 아스팔트 및 셀룰로오스화이버(Cellulose Fiber)로 구성되며, 굵은 골재의 비율을 높이고 아스팔트 함유량을 증가시켜 아스팔트의 접착력은 골재의 탈리를 방지하는 역할을 담당

하고, 압축력과 전단력에 저항하는 힘은 골재의 맞물림(Interlocking)이 담당하여 소성변형과 균열에 대한 저항성이 우수한 내유동성 아스팔트 혼합물을 말한다.

## 2.2 SMA 혼합물의 원리

그림 1은 밀입도 혼합물과 SMA 혼합물에 수직력이 작용하였을 때 아스팔트 혼합물의 응력 전달 개념을 보여준다. 그림 1(a)는 밀입도 아스팔트 혼합물의 전단저항 특성이 골재의 맞물림보다는 골재 사이의 마찰력과 아스팔트의 점성에 의존한다는 개념을 보여준다. 이러한 개념으로 아스팔트의 점성을 증가시켜서 소성변형 저항성을 개선한 것이 개질 아스팔트 혼합물이다. 그림 1(b)는 SMA 혼합물의 소성변형에 대한 저항성이 다량 함유된 굵은 골재에 기인하여 굵은 골재 사이의 맞물림에 의해서 발생하는 SMA 혼합물의 특성을 보여준다.

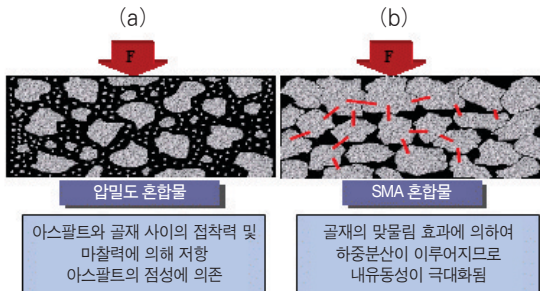


그림 1. 일반 밀입도와 SMA 혼합물의 응력전달 개념 비교

## 2.3 SMA 혼합물의 조성

일반 밀입도 아스팔트 혼합물과 가장 대별되는 차이점으로는 골재의 사용 측면에서는 굵은 골재가 상대적으로 다량으로 사용되고, 다량의 굵은 골재 사용에 따른 탈리 및 균열에 대한 저항성을 향상시키기 위하여 상대적으로 많은 양의 아스팔트가 사용된다는 것이다. 또한 많은 양의 아스팔트의 흘러내림과

블리딩(Bleeding)을 방지하기 위한 셀룰로오스 화이버(Cellulose Fiber)가 추가되며 다량의 채움재(Filler)가 사용된다는 것이 SMA 혼합물의 구성상 특징이다.

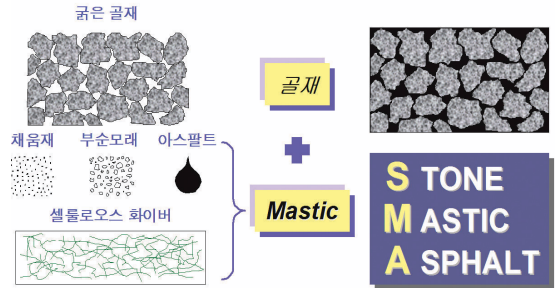


그림 2. SMA 혼합물의 조성

## 2.4 SMA 혼합물의 적용현황

국내에서는 1996년 경부선 덧씌우기 공사에 시험 적용한 이후, 2009년 고속도로의 SMA 적용 실적비율이 83%이며, 고속도로 이외의 사용실적은 17%로 나타났다.

표 1. 국내 SMA포장의 발주처별 적용 현황

(단위: ton)

발주처 년도	국도 해양부	도로 공사	서울시	광역시	일반 시도	기타	계
2009년	34,000	253,000	-	12,000	4,000	3,000	306,000

## 3. 주요지침 내용

### 3.1 재료

#### 3.1.1 아스팔트

아스팔트는 KS M 2201(스트레이트 아스팔트)의 침입도 규격과 KS F 2389의 아스팔트의 공용성 규격(PG, Performance Grade)을 병행하여 사용한

다. 단, 개질재가 첨가된 개질아스팔트를 사용할 때는 공용성 등급(PG, Performance Grade)을 사용하여야 하며, 교통하중 등급에 따라 SMA 혼합물에 적용할 아스팔트의 공용성 등급(PG) 적용 기준은 표 2에 따른다. 여기서 교통하중 등급(ADT, Average Daily Traffic)은 설계교통량을 등가단축하중(ESAL)으로 환산한 후 평균일교통량(ADT)을 산정하여 적용한다.

표 2. 교통하중에 따른 아스팔트 공용성 등급 적용기준

교통하중 등급(ADT)	평균주행속도에 따른 PG 등급	동적안정도 (회/mm)
4000대/일/Lane 이상	PG 76-22 이상 (PG 82-22)*	2500 이상 (3000 이상)
2500~4000대/일/Lane	PG 76-22 이상	2500 이상
1000~2500대/일/Lane	PG 70-22 이상	2000 이상
1000대/일/Lane 이하	PG 64-22 이상	2000 이상

(주) 표에서 아스팔트의 “교통하중 등급에 따른 PG 등급” 기준이 “PG XX-YY 이상”으로 설정된 값들은 6℃ 또는 12℃ 높은 상위 등급의 아스팔트와 가격이 동일할 경우에는 상위 등급의 아스팔트를 적용하도록 한다. \* ”는 소성변형 발생위험이 매우 높은 중교통 노선의 도로나 상습적으로 소성변형이 발생하는 교차로의 신호대기 지역에 적용한다. 이 때 심각한 소성변형이 발생하는 신호대기지역의 경우 중간층 및 기층 혼합물에도 PG 76-22 이상의 아스팔트를 적용할 수 있다.

### 3.1.2 골재

SMA 혼합물에 사용하는 굵은 골재의 입도는 표 3과 같이 단립도의 골재로서 20mm~13mm, 13mm~10mm, 10mm~5mm, 8mm~5mm 및 5mm~2.5mm로 분리된 골재를 사용한다. 굵은 골재는 표 4의 품질규정을 만족해야 한다.

표 3. 굵은 골재의 입도

골재 치수 (mm)	각 체를 통과하는 중량 백분율(%)									
	65	50	40	25	20	13	10	5	2.5	1.2
20~13	-	-	-	100	85~100	0~25	0~5	-	-	-
13~10	-	-	-	-	100	85~100	0~25	0~5	-	-
10~5	-	-	-	-	-	100	80~100	0~25	-	-
8~5	-	-	-	-	-	-	100	0~25	0~5	-
5~2.5	-	-	-	-	-	-	100	90~100	0~25	0~5

표 4. 굵은 골재의 품질

구 분	시험 방법	기준치
절대 건조밀도	KS F 2503	2.5 이상
흡수율(%)	KS F 2503	3.0 이하
피막박리시험에 의한 피복 면적(%)	KS F 2355	95 이상
편장석률(%)	KS F 2575	10 이하
안정성(%)	KS F 2507	12 이하
마모율(%)	KS F 2508	30 이하
굵은 골재 파쇄면 비율(%)	ASTM 5821	85 이상

### 3.1.3 셀룰로오스 화이버

셀룰로오스 화이버는 SMA포장 적용을 위해 생산한 것으로 저장 및 운반이 용이하며, 혼합조에서 분산이 잘 이루어지도록 식물성 섬유(셀룰로오스)에 일정량의 아스팔트 등을 첨가하여 낱알 형태로 생산한 것을 사용한다. 일반적인 섬유 투입량은 순수 셀룰로오스 기준으로 SMA 혼합물 무게의 0.3~0.5%를 기준으로 하며, 설계도서 또는 해당 아스팔트 플랜트에서 0.3~0.5% 기준 내에서 SMA 혼합물에서 이상이 발생하지 않도록 결정하여 사용하여야 한다. 셀룰로오스 화이버 투입량의 허용 범위는 소요되는 섬유 무게의 ±10%이다.

셀룰로오스 화이버는 순수 셀룰로오스 기준으로 0.5%를 첨가하여 드레인다운 시험을 실시하여 드레인다운 시험값 0.3% 이하를 만족하지 못할 경우에는 해당 셀룰로오스 화이버는 사용할 수 없다.

## 3.2 품질기준

### 3.2.1 SMA 혼합물 적용기준

SMA 혼합물의 종류별 적용기준은 표 5와 같으며, 교면포장용으로는 10mm 이하 혼합물만을 적용할 수 있다. 교면포장용 SMA 혼합물 적용 기준은 표 6과 같다.

표 5에서 보는 바와 같이 SMA포장에 주로 사용되는 입도는 13mm, 10mm, 8mm가 적용되고, 일반 표층부에는 주로 13mm와 10mm SMA 혼합물이 적용

되며, 소음 감소가 필요한 구간에는 10mm 이하의 SMA 혼합물을 사용하면 효과가 크다. 교량의 교면 포장 구간에는 주로 10mm와 8mm SMA 혼합물이 사용된다.

표 5. SMA 혼합물 종류별 적용기준

SMA종류	사 용 장 소	비 고
20mm	중간층, 기층	
13mm	표층, 중간층	
10mm	표층, 교면포장 상부 및 하부층	시멘트 콘크리트 바닥판 상·하부층 및 강바닥판 상부층
8mm	표층, 교면포장 상부 및 하부층	시멘트 콘크리트 바닥판 하부층 및 강바닥판 하부층
5mm	볼트식 강바닥판 교면포장의 하부층	입형이 좋은 골재 선별 사용

표 6. 교량바닥판의 종류에 따라 SMA 혼합물 적용 기준

종류 층	시멘트 콘크리트 바닥판	강(Steel) 바닥판
상부층	10mm SMA (8mm SMA)	10mm SMA (8mm SMA)
하부층	10mm SMA (8mm SMA)	8mm SMA (5mm SMA)
비 고	- PG 76-22 이상의 아스팔트 적용 권장 - 하부층에 10mm SMA를 적용할 경우에는 상부층에 10mm SMA 적용	- 반드시 PG 76-22 이상의 아스팔트 적용 - 5mm SMA 적용 시 반드시 PG 82-22 이상의 아스팔트 사용

(주) ( )는 병행 사용이 가능한 SMA 혼합물의 종류임

### 3.2.2 입도 및 품질기준

굵은 골재, 잔골재 및 채움재를 혼합하였을 때의 SMA 혼합물의 골재 합성 입도는 표 7을 표준으로 한다.

SMA 혼합물은 본 배합설계 지침에 의하여 결정된 최적 아스팔트 함량으로 제조했을 때 표 8의 품질 기준에 합격해야 한다. 교면포장용 SMA 혼합물 배합설계 기준은 표 9를 적용한다.

교면포장의 경우 가혹한 기상조건과 교통여건에 노출되며 구조적인 특성상 포트홀 발생 위험이 높기 때문에 사용되는 아스팔트의 등급을 가능하면 PG 76-

22 이상을 적용하는 것이 좋다. PG 76-22 미만의 아스팔트 적용 시 배합설계 공극율은 상부층 3%, 하부층 2.5%를 적용하도록 하고 PG 76-22 이상의 아스팔트 적용 시는 상부층 약 2.5%, 하부층 약 1~2%의 배합설계 공극률을 적용하되 반드시 동적안정도가 2,000회/mm를 상회하는 지를 확인하여야 한다.

표 7. SMA 혼합물의 합성입도 기준

SMA 혼합물의 종류 체크기		20mm	13mm	10mm	8mm	5mm
통과 질 량 백 분 율 (%)	25mm	100	-	-	-	-
	20mm	93~100	100	-	-	-
	13mm	30~50	93~100	100	-	-
	10mm	20~35	40~55	90~100	100	100
	5mm	15~25	16~30	25~45	30~60	95~100
	2.5mm	12~22	12~23	15~30	15~30	25~45
	0.60mm	10~18	10~18	11~20	12~20	13~21
	0.30mm	8~15	8~15	10~16	10~16	11~17
	0.15mm	7~13	7~14	9~15	9~15	10~16
	0.08mm	6~12	7~12	8~13	8~13	9~14

표 8. SMA 혼합물의 배합설계 기준

항 목	20mm	13mm	10mm	8mm	5mm	
아스팔트 함량(%)	5.8이상	6.2이상	6.6이상	7.0이상	7.6이상	
공 극 륜(%)	2.0-4.0					
골재간극률 (%)	공극률 2~3%미만	16이상	17이상	18이상	19이상	20이상
	공극률 3~4%미만	17이상	18이상	19이상	20이상	21이상
포 화 도(%)	75 이상					
드레인다운 시험값(%)	0.3 이하					
동적안정도(회/mm)	2000 이상					
배합설계 다짐방법	마살 다짐 75회					

표 9. 교면포장용 SMA 혼합물의 배합설계 기준

항 목	기 준	
	상 부 층	하 부 층
아스팔트 함량(%)	6.8 이상	6.9 이상
공 극 륜(%)	2.0~3.0	2.5~1.0
골재 간극률(%)	18 이상	17 이상
포 화 도(%)	75 이상	80 이상
드레인다운 시험값(%)	0.3 이하	
동적안정도(회/mm)	2000 이상	
배합설계 다짐방법	마살 다짐 75회	

### 3.3 배합설계

SMA 혼합물의 배합설계는 원칙적으로 용적특성과 마찰배합설계 방법을 이용하며, SMA 혼합물의 혼합 온도 및 다짐 온도는 각각 표 10과 같다.

표 10. SMA 혼합물의 일반적인 혼합 온도와 다짐 온도

아스팔트 종류	혼합온도(℃)	다짐온도(℃)
침입도 등급 60-80(PG 64-22)	165±5	145±2
PG 70-22, PG 76-22	170±5	150±2
PG 82-22	175±5	155±2

SMA 혼합물의 이론 최대밀도는 SMA 혼합물에 이용되는 굵은 골재, 잔골재, 채움재 등의 각 재료의 비중을 이용한 식으로 구하지 않고 반드시 KS F 2366의 '역청 포장 혼합물의 이론적 최대 비중 및 밀도 시험 방법'에 따라 구하며, 3회 시험한 평균을 취한다.

SMA 혼합물의 경우는 밀입도 혼합물에 비해 아스팔트 함량이 1~2% 정도 높다. 이로 인하여 골재에 부착된 코팅 두께가 두꺼워서 2시간 양생 후 상온으로 식힐 때 잔골재들 사이에 공극이 형성되기 쉬워 이론 최대밀도 시험 시 큰 오차를 발생하는 경우가 많다. 그러므로 SMA 혼합물의 경우 이러한 오차를 방지하기 위하여 이론 최대밀도 시험을 위한 아스팔트 함량은 표 11에 따른다.

표 11. 이론 최대밀도 시험용 혼합물의 아스팔트 함량 결정

종류	SMA 혼합물	밀입도 아스팔트 혼합물
20mm	4.0	OAC
13mm	4.3	OAC
10mm	4.5	-
8mm	4.7	-

### 3.4 유출량 시험

아스팔트 플랜트 오퍼레이터는 오버플로우(Over-

Flow)나 골재 부족에 의한 SMA 혼합물의 생산지체 현상을 방지하기 위해 콜드빈 게이트의 VS 모터 속도(RPM)를 임의대로 조정하는 것을 방지하기 위하여 골재 유출량 시험을 실시한다.

콜드빈 실내 배합설계 후 아스팔트 플랜트에서 콜드빈 VS(Variable Speed) 모터 속도에 따른 골재 유출량을 구하기 위해 콜드빈 골재 유출량 시험을 실시한다. 콜드빈 골재 유출, 유출량 조사, 골재 채취, 체가름 시험 등의 순서로 이루어진다. 시험 후 콜드빈 골재 배합비를 기준으로 한 각 콜드빈의 분당 소요량을 산정하여 이에 해당하는 콜드빈 VS모터 속도(RPM)를 결정한다.

### 3.5 SMA 혼합물 생산

#### 3.5.1 핫스크린의 체크기

아스팔트 플랜트에서 SMA 혼합물을 생산하기 위하여 설치하는 핫스크린의 체크기를 표 12에 나타내었다. 핫스크린의 체크기는 생산하는 SMA 혼합물의 종류에 적합하여야 하며 체가 막히거나 파손된 부분이 없어야 한다.

표 12. 각 치수별 SMA 혼합물 생산에 사용되는 핫스크린 망

스크린 입경(mm)	20	14.5	11, 12	9, 10	6	3.5
SMA 혼합물 종류						
20mm SMA	사용	사용	선택사용	선택사용	사용	사용
13mm SMA	-	사용	사용	선택사용	사용	사용
10mm SMA	-	-	사용	선택사용	사용	사용
8mm SMA	-	-	-	사용	사용	사용
5mm SMA	-	-	-	-	사용	사용

#### 3.5.2 현장배합 오차

SMA 혼합물의 현장배합 오차는 현장 배합설계에서 최종적으로 결정된 아스팔트 함량 및 입도를 기준으로 표 13에 따라 결정한다.

표 13. SMA 혼합물의 현장배합 오차

항 목		현장배합 오차범위
골재 체통과 중량 백분율	13mm, 10mm	±4%
	5mm(No.4), 2.5mm(No.8) 0.6mm(No.30), 0.3mm(No.50), 0.15mm(No.100)	±3%
	0.08mm(No. 200)	±2%
아스팔트 함량		±0.3%
온 도		±15℃

### 3.6 SMA 혼합물 시공

#### 3.6.1 SMA 혼합물 포설

SMA 포장의 최소 포장 두께는 적용 SMA 혼합물의 공칭 최대치수의 3배 이상이어야 한다.

SMA 혼합물의 포설을 위해 사용되는 페이버는 반드시 85% 이상의 선다짐이 가능한 장비를 사용하여 포설하여야 한다.

페이버의 속도는 SMA 혼합물의 포설 두께와 종류에 따라 조정하며, 스크리드는 포설 작업 전 반드시 150℃ 이상으로 예열하여야 한다.

#### 3.6.2 SMA 혼합물 다짐

다짐밀도는 마찰시험법에 의한 75회 다짐에서 기준밀도의 97% 이상이어야 하며, 타이어 롤러는 SMA 혼합물이 타이어의 표면에 접촉되므로 사용하지 않는다.

SMA 혼합물의 특성상 표면은 즉시 다짐을 실시하여야 한다. 전압 다짐은 머캐덤 롤러 12톤 이상과 탄뎀 롤러 10톤 이상의 롤러를 조합하여 이용하며 머캐덤 2대+탄뎀 1대(진동가능), 머캐덤 1대+탄뎀 2대(1대 진동가능) 또는 머캐덤 2대+탄뎀 2대(1대 진동가능)의 조합으로 구성할 수 있다.

SMA 혼합물의 다짐 시 다짐에너지의 극대화를 위해 다짐용 롤러의 앞·뒤 철륵 내부에 오일 또는 물로 완전히 채워 다짐작업을 수행하여야 한다.

## 4. 맺음말

SMA포장은 이상 고온 현상과 중차량 증가에 의한 여름철 소성변형과 동절기 균열에 대한 저항성이 매우 우수한 아스팔트 포장이다. SMA포장은 현재 중 교통 노선인 고속도로에서 공용수명이 15년 이상으로 평가되고 있는 장수명 아스팔트 포장으로, 기존에 고속도로 위주로 사용되고 있던 것을 국도 및 지자체도 등으로 확대 적용하기 위하여 체계적인 SMA 배합설계, 생산 및 품질관리를 위해 본 지침을 수립하였다.

본 지침을 통해 교통량과 중차량 비율이 높은 구간, 시가지의 경우 지정체 구간, 교차로 구간 등에 SMA포장을 적용하여 아스팔트 포장의 수명연장과 유지보수 비용 절감에 기여할 것으로 기대된다.

회원의 신상변동사항(이사, 전근, 승진 등)이 있으면 학회 사무국으로 연락주시기 바랍니다.

현재 반송되는 우편물이 너무 많습니다.

- 전 화 : (02)3272-1992    • 전 송 : (02)3272-1994
- E-mail : ksre1999@hanmail.net