

일본에서의 SMA포장

히라오카 토미오 | 니찌레키(주)

번역 김 주 원 | 참여회원 · 성원건설기술사사무소 소장

우리나라 고속도로의 신선포장은 시멘트 콘크리트포장이 주류를 이루고 있다. 이와 함께 아스팔트 콘크리트포장도 적지 않게 시공되고 있으며, 아스팔트 콘크리트포장으로서의 그 특징을 살려 SMA포장이 1996년경부터 고속도로에 적용되어 좋은 성과를 내고 있다. 이 글은 일본에서 발간되는 월간 “포장” (2012. 12월호)에 실린 “일본에서의 SMA의 종류와 용도”를 번역한 것이다. 우리의 기술도 특수한 용도에 맞추어 더욱 개량에 힘쓰기를 기대한다.

■ 머리말

쇄석 매스틱 아스팔트(stone mastic asphalt, 이하 SMA)는 1960년대 중반에 독일에서 개발된, 내구성이 있는 표층용 아스팔트 혼합물이며, 일본에는 1980년대 후반에 도입되었다.

오늘날에는 내유동성, 내마모성, 수밀성, 미끄럼 저항성을 갖는 포장으로서, 중(重)교통도로 및 적설한냉지의 표층이나 교면포장의 레벨링층 등에 널리 사용되고 있다.

여기에서는 각 용도에 따른 배합과 시공사례 등에 대하여 소개한다.

1. SMA의 개요

SMA는 굵은골재가 차지하는 비율이 많고, 그 맞물림에 의해 형성된 골재구조의 간극을 아스팔트 모르타르로 채운 갭(gap)입도의 혼합물이다. 많은 양의 바인더를 채울 필요가 있기 때문에 드레인(drain, 흐름)의 방지에 식물섬유를 첨가하는 것이 일반적이다.

널리 보급되어 있는 SMA이나 “포장설계시공지침”(2006년판)에는 아스팔트 혼합물의 종류로서 규정되어 있지 않고 “포장시공편람”(2006년판)에서 표 1과 같이 SMA의 입도범위의 예로서 소개되어 있다.

2. 일본에서 SMA의 종류

2.1 다기능형 SMA

적설한냉지에서 포러스 아스팔트포장의 과제(타이어 체인에 의한 골재비산이나 조기의 공극 막힘)에 대하여 배수성이나 소음저감 등의 기능은 다소 떨어지지만 내구성이 높은 점에서 최근 보급되고 있는 SMA이다. 기능성 SMA나 하이브리드포장 등으로도 불려지고 있다.

표 1. SMA혼합물의 입도범위의 예

		입도 1	입도 2	입도 3
최대치수(mm)		13	13	5
체크기		입도 범위		
통과 질량 백분율 (%)	19.0mm	100	100	-
	13.2	95~100	95~100	100
	9.5	-	-	-
	4.75	20~40	30~50	90~100
	2.36	20~35	20~35	35~50
	0.60	-	-	-
	0.30	10~20	13~20	15~25
	0.15	-	-	-
아스팔트량(%)		5.5~7.5	5.5~7.5	6.5~9.0

- 주1) 섬유질 보강재의 첨가량은 0.3~0.5%(외할)로 하는 경우가 많다.
- 주2) 입도 1은 내유동성을 중시하여 표층에 사용한 예. 최대치수를 20mm로 하는 경우도 있다. 입도 2는 수밀성을 중시하여 중간층에 사용한 예. 입도 3은 수밀성을 중시하여 교면의 중간층(시공두께 3cm)에 사용한 예.

일본도로공단에서도 저비용화의 흐름 중에서 하이브리드포장으로서 개발이 진행되고, 현재로서는 적설한냉지에서 고기능포장 II형으로서 표층 종류의 하나로서 규정되어 있다.

그림 1과 같이 위층은 포리스 아스팔트포장과 같은 공극을 갖고 중간·아래층은 SMA와 같이 치밀한 층을 형성함으로써 미끄럼 저항성을 확보하면서 내마모성, 내유동성 등의 기능을 갖고 있다.



그림 1. 다기능형 SMA의 구조

골재배합의 예로서 고기능(高機能)포장 II형의 입도범위를 표 2에 정리하였다. 일반적인 SMA와 비교

하여 2.36mm 이하의 입도가 하한방향으로 설정되어 있는 것이 특징으로 열거할 수 있다.

기능성이나 내구성에 대해서는 일부(후쿠이현) 국도에서 시공되어 공용성을 조사한 사례가 있어 이를 소개한다.

표 2. 고기능포장 II형의 입도범위

체크기(mm)	최대치수 13mm
19.0	100
13.2	95~100
4.75	30~38
2.36	22~27
0.6	17~21
0.3	15~18
0.15	10~13
0.08	9~11

표 3, 사진 1과 같이 3년 경과한 시점에서도 소성변형량이 적고 표면의 조직을 유지하고 있고 골재비산도 없이 양호한 상태이다.

표 3. 다기능형 SMA의 공용성상

	A공구		B공구		C공구	
	상행	하행	상행	하행	상행	하행
공용연수	3년		1년 2개월		2개월	
소성변형량(mm)	5.4	5.2	4.1	4.0	2.0	1.7
조직깊이(mm)	1.44	1.5	1.19	1.35	1.46	1.43
미끄럼 저항치(BPN)	76	76	70	70	67	64
동적마찰계수(60km/h)	0.54	0.64	0.52	0.56	0.51	0.49
등가소음레벨(dB(A)) 시공 전	75.5	75.5	72.8	73.0	72.2	72.3
등가소음레벨(dB(A)) 추적조사결과	73.1	72.8	68.9	68.9	67.3	67.2

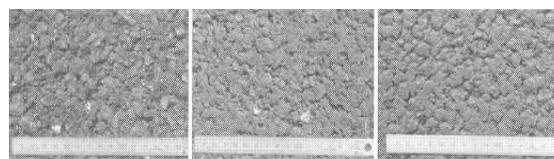


사진 1. 공용성 조사 때의 표면상태

그 밖의 기능으로서 포장표면이 공극을 갖고 있기 때문에 적설한냉지에서 겨울철에 살포된 동결방지제의 저류(貯留)효과가 높은 점을 들 수 있다.

그림 2는 홋카이도의 국도에서 시행된 시험포장에서 배수성포장, 다기능 SMA, 세립도 겹 아스팔트 혼합물(13F)에 동결방지제를 살포하고 시간 경과에 의한 염분농도를 비교한 결과이다.

다기능 SMA는 살포 직후부터 다른 포장보다 염분의 잔류효과가 높고 또한, 시간이 경과하여도 그 효과를 지속하고 있는 것을 알 수 있다.

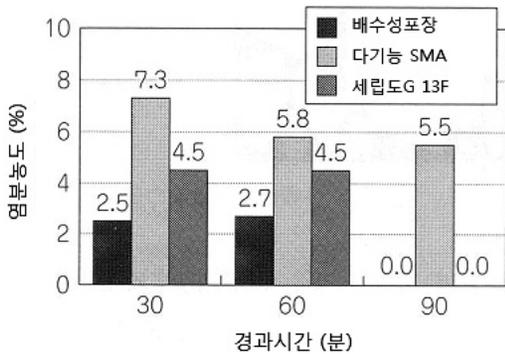


그림 2. 염분농도에 의한 동결방지제의 잔류율

2.2 방수형 SMA

많은 양의 매스틱 모르터를 굵은골재의 간극에 채우고 공극률을 작게 함으로써 보다 수밀성을 높인 SMA가 방수형(防水形) SMA로 된다.

표층에서는 사용하지 않고 교면포장에서 레벨링층이나 콤포지트포장에서 중간층으로서 주로 사용되며, 최근에는 신도메이고속도로의 교량부나 토공부, 도교국제공항 D활주로의 잔교부(棧橋部), 도시고속도로 등에 사용되고 있다.

골재배합의 예로서 일본도로공단에서 규정하고 있는 입도범위를 표 4에 정리하였다. 일반적으로는 최대치수 13mm의 II형배합이 쓰이고 있고, 일반적인 SMA보다 입도범위의 관리폭을 좁게 하여 치밀하고 수밀성이 높은 혼합물을 얻도록 노력하고 있다.

표 4. 일본도로공단에서 SMA의 입도범위

체크기 (mm)	최대치수		
	13mm		5mm
	I형	II형	III형
19.0	100	100	-
13.2	95~100	95~100	100
4.75	30~50	38~55	90~100
2.36	20~35	27~36	35~50
0.6	-	-	-
0.3	13~20	14~21	15~25
0.15	-	-	-
0.08	8~13	8~11	8~13

방수형 SMA는 수밀성을 높이기 위하여 매스틱 모르터를 표면까지 떠올릴 필요가 있고, 시공방법에 특히 유의할 필요가 있다.

지금까지의 경험에서 얻어진 시공 시의 유의사항의 일부를 아래에 정리하였다.

- ① 피니셔는 싱글 템퍼식보다 더블 템퍼식이 치밀한 마무리가 얻어지기 쉽다.
- ② 1차다짐에서 수평진동 롤러로는 매스틱 모르터의 떠오름을 볼 수 없기 때문에 수직방향의 진동 롤러를 사용하면 좋다.
- ③ 혼합물이 100℃ 이하로 내려가기 전에 타이어 롤러에 의한 2차다짐을 시행하고, 니이딩(kneeding) 작용으로 아스팔트 모르터를 블리이딩(bleeding)시킨다.
- ④ 여름철 시공이나 표층 포설까지에 시간을 요하는 경우는 블리스터링(blistering)의 발생이 우려되기 때문에 주의한다.

또한, 수밀성이 높은 방수형 SMA층만으로는 확실한 방수층을 구축하기까지는 이르지 않았으므로 교면포장의 레벨링층으로서 사용되는 경우에는 별도의 방수층을 둘 필요가 있다.

2.3 박층 SMA

최근, 공공사업비의 대폭적인 삭감으로 인해 저비용으로 기능이 높은 포장이 요구되고 있으며, 그 하

나로서 기대되는 것이 박층(薄層) SMA이다.

굵은골재의 최대치수는 5mm이며, 20~25mm 정도의 두께로 표층에 시공된다. 골재입도나 공극률, 사용하는 바인더 등을 변화시킴으로써 여러 가지 기능을 부가할 수 있다.

이 포장에 기대할 수 있는 효과는 아래와 같다.

① 비용 감축이나 환경부하의 경감

기존 포장면에서의 덧씌우기가 가능하기 때문에 절삭폐재가 발생하지 않고 재료비용의 절감을 더하여 환경에의 부하도 줄일 수 있다.

② 잉여골재의 유효활용

포러스 아스팔트포장의 보급 확대에 인하여, 잉여경향이 있는 5~2.5mm 부순돌을 유효하게 이용할 수 있다.

③ 각종 기능의 부여

내유동성이나 내마모성, 미끄럼 저항성의 향상에 더하여 소음 저감이나 가요성의 부여에 의한 응력완화층으로서의 기능 등을 기대할 수 있다.

표 5. 박층 SMA의 입도범위 및 성상 일례

체 크기 (mm)	박층 SMA	포러스 혼합물
통과질량백분율 (%)	13.2	100
	4.75	92.9
	2.36	37.2
	0.6	21.3
	0.3	18.0
	0.15	15.5
	0.08	12.0
바인더의 종류	폴리머개질 II형	폴리머개질 H형
식물섬유 (외할%)	0.3	-
바인더량 (%)	6.9	5.3
공극률 (%)	5.1	22.9
마찰안정도 (kN)	10.93	8.07
동적안정도 (회/mm)	7,000	7,875
라벨링 마모량 (cm ²)	0.80	5.41
칸타브로 손실률 (%)	2.25	2.61
마찰변형량 (mm)	1.73	7.55
휨과단 변형률	5.46×10 ⁻³	-
피로파괴윤수 (회)	11,500	-

표 5에 박층 SMA의 골재배합과 기본성상의 일례를 나타내었다.

독립법인 토목연구소에서는 박층 SMA의 소음저감기능에 착안하고, 축진재하시설에 시험시공을 실시하여 그 효과를 검증하고 있다. 그 때의 포장구성을 그림 3에, 40만 윤까지 주행한 시점에서의 타이어·노면소음을 비교한 결과를 그림 4에 나타내었다.

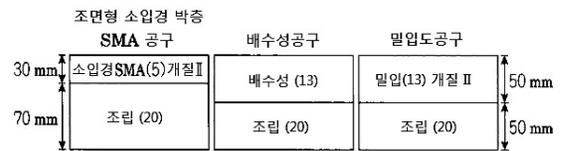


그림 3. 시험포장 단면

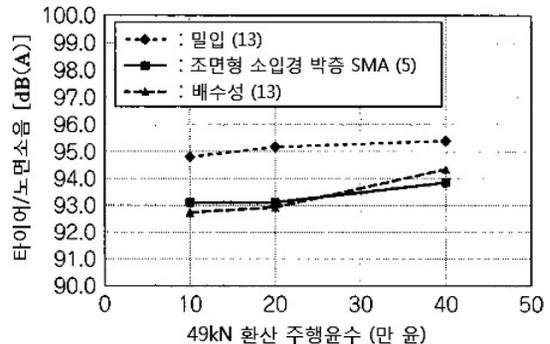


그림 4. 타이어·노면소음의 변화

초기(10만 윤 주행 시 N₅교통 1년 경과정도)에는 배수성포장에 약간 미치지 못하지만, 밀입도포장보다 소음치는 작고 40만 윤 주행 후(N₅교통 4년 경과정도)에는 배수성포장보다 작은 값을 나타내고 있어 소음저감효과의 지속성이 있는 결과로 나타났다.

이상, 일본에서 현재 적용되고 있는 SMA에 대하여 소개하였으나 종류에 따라 시공방법이 다르므로, 그 점에 유의할 필요가 있다.

박층 SMA에 대해서도 각 연구기관이나 민간회사에서 연구개발이 진행되고 있으므로 앞으로 더욱 내구성이나 기능성이 높은 것이 나올 것으로 기대된다.