

# 소성변형 저감을 위한 잠정 지침

옥창권\* · 정내삼\*\*

## 1. 머리말

국내의 아스팔트 포장은 1990년대 이후 교통량의 폭발적인 증가와 더불어 차량하중의 증량화 및 대형화, 환경적 영향 등의 복합적인 요인들로 인해 발생되는 소성변형에 의한 포장 파손이 전국적으로 광범위하게 발생되고 있는 실정이다.

이러한 소성변형은 도로사용자에 대한 교통사고의 유발 및 이에 따른 국가 도로포장 유지보수 예산의 수요를 급증시키는 주요 요인이 되고 있다.

이러한 일반 밀입도 아스팔트 포장의 소성변형은 잘못된 배합설계로 인한 과잉 아스팔트 함량에서 비롯되는 경우가 많으며, 현장에서 포설되는 아스팔트 혼합물의 생산과 시공에 대한 품질관리와 아스팔트 혼합물에 사용되는 골재의 입형과 입도관리 미흡이 소성변형을 야기시키는 또 하나의 요인이다.

본 지침의 내용은 크게 골재, 아스팔트바인더 및 입도 개선을 포함하는 아스팔트 혼합물 재료 자체의 문제, 배합설계 방법상의 문제, 아스콘 플랜트 품질 관리상의 문제, 아스콘 플랜트 장비상의 문제, 아스팔트 혼합물 시공상의 문제들에 대한 시급한 개선 사항을 수록하였으며, 또한 신설 및 보수시의 아스팔트 혼합물 적용 방안을 제시하였다.

향후 본 지침은 추가적인 연구를 통하여 소성변형

을 최소화 할 수 있는 세부적인 시행방안을 추가·개선하여 아스팔트 포장의 소성변형 저감뿐만 아니라 내구성을 향상시켜 현재의 포장 수명을 획기적으로 늘릴 수 있는 방안을 강구하고자 한다.

본 지침은 소성변형 저감을 위한 시방 지침 개발 연구의 1차년도 성과물로서 단기 지침으로 제정되었으며 최종적인 지침은 3차년도 연구가 종료된 후 제정될 예정이다. 다음은 본 지침의 주된 내용을 소개하고자 한다.

## 2. 아스팔트 혼합물

### 2.1 골재

- 편장석 골재가 함유된 아스팔트 혼합물은 포장공용 중에 교통하중 작용에 의해서 골재 입자가 깨어지는 경향이 있기 때문에 소성 변형에 저항할 수 있는 내부마찰력을 충분히 발휘하지 못하므로 소성변형을 야기시키는 주요 원인으로 알려져있다. 그러므로 아스팔트 혼합물의 품질관리에서 가장 우선적으로 관리해야할 항목은 골재의 편장석 함유량이다. 최근 제정된 KS F 2575의 "편평 및 세장편 함유량 시험법"을 사용하여 아스팔트

\* 정회원 · 한국도로공사 도로교통기술원 연구원

\*\* 정회원 · 건설교통부 도로국 도로건설과 과장

플랜트에서 혼합물 생산에 사용할 굵은 골재에 대하여 편평 및 세장편 함유량 기준 “20% 이하”를 엄격히 적용하여야 한다.

기존의 아스팔트 혼합물의 품질관리에서는 골재의 편장석 시험에 큰 비중을 두지 않은 것이 사실이다. 그러나 본 연구에 의하면 현재 밀입도 아스팔트 혼합물에 발생하는 소성변형은 편장석이 많은 골재의 사용이 큰 원인이 됨이 밝혀졌다. 골재

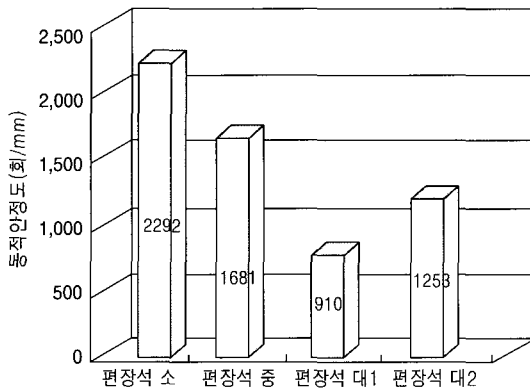


그림 1. 편장석 변화에 따른 동적안정도 비교

의 종류와 상관없이 편장석 함량이 높으면(입형이 나쁘면) 소성변형 저항성이 크게 떨어지는 것을 알 수 있다. 그러므로 아스팔트 혼합물의 품질관리에서 가장 우선적으로 관리해야 할 항목중의 하나가 골재의 입형임을 알 수 있다.

- 아스팔트 혼합물에 사용하는 굵은 골재는 KS F 2357 “역청 포장 혼합물용 굵은 골재의 입도” 가운데서 3호, 4호, 5호, 6호, 7호, 8호의 단립도 쇄석 입도 기준을 적용하여 관리한다.

현재 아스팔트 플랜트에서 아스팔트 표층과 기층용으로 일반적으로 사용되는 굵은 골재는 467호 (40mm~No.4), 57호(25mm~No.4), 67호 (19mm~No.4), 78호(13mm~No.8) 이다. 석산에서 이와 같은 입도의 골재의 생산을 선호하는 이유는 단립화된 쇄석 골재보다 생산이 쉽고 대량생산이 가능하며 또한 콘크리트용 부순돌로서 동시에 공급할 수 있기 때문이다.

이렇게 넓은 분포 범위의 골재를 생산하게 되면 골재의 입형을 개선시키기가 어렵고 편장석의 발생이 많아서 아스팔트 혼합물용 골재로서의 품질이 저하될 수 있다.

표 1. 국내와 ASTM의 시방입도상의 사용체 비교

구 분	기 층	표 층	ASTM	개 선(안)
사 용 체 종 류	53mm		63mm	50mm
	37.5mm		50mm	37.5mm
	31.5mm		37.5mm	31.5mm
	26.5mm	26.5mm	-	25mm
	19mm	19mm	25mm	25mm
	-	13.2mm	19.0mm	19.0mm
	9.5mm	-	12.5mm	13.2mm
	4.75mm(No.4)	4.75mm(No.4)	9.5mm	9.5mm
	2.36mm(No.8)	2.36mm(No.8)	4.75mm(No.4)	4.75mm(No.4)
	2.00mm(No.10)	-	2.36mm(No.8)	2.36mm(No.8)
	-	-	-	-
	0.6mm(No.30)	0.6mm(No.30)	1.18mm(No.16)	-
	0.425mm(No.40)	-	0.6mm(No.30)	0.6mm(No.30)
	0.3mm(No.50)	0.3mm(No.50)	-	-
	0.15mm(No.100)	0.15mm(No.100)	0.3mm(No.50)	0.3mm(No.50)
	0.075mm(No.200)	0.075mm(No.200)	0.15mm(No.100)	0.15mm(No.100)
		0.075mm(No.200)	0.075mm(No.200)	

○ 아스팔트 혼합물용 골재의 체분석에 사용하는 표준체 조합은 <표 1>의 개선(안)에 따라 실시하도록 한다. 이에 따른 지방기준 입도표의 변경 내용은 <표 2>~<표 4>에 나타내었다.

국내 지방 기준에 규정되어 있는 체의 배치와 미국의 ASTM에서 사용하는 체 조합을 <표 1>에 나타내었다. <표 1>을 살펴보면 기층과 표층에 사용되는 체의 종류가 많이 다른 것을 볼 수 있다. 그러나, 역청처리 기층과 표층에 사용되는 골재의 종류를 살펴보면 19mm, 13mm 골재, 스크리닝스, 모래는 기층과 표층에 공통으로 사용되고 있다. 그럼에도 불구하고 체의 배치가 완전히 다르므로 인하여 실무에서 사용하는 기술자들은 번거로움을 느끼고 있는 것이 사실이다. 이러한 문제의 해결을 위하여 본 지침에서는 표층과 기층에 동일하게 적용되는 사용 체배치의 개선(안)을 <표 1>과 같이 제안하였다.

2.2 아스팔트 바인더

○ 최근 KS M 2201(도로포장용 아스팔트 등급) 기준 개정으로 정유사에서 공급하는 침입도 60~80의 아스팔트 바인더의 품질을 과거 AP-5(침입도 60~70)에 해당하는 65 정도의 침입도를 나타낼 수 있도록 국내 정유사에 요청하여 사용하여야 한다.

현재 일반적으로 국내 정유사에서 생산하고 있는 아스팔트 바인더는 침입도 60~80에 해당하는 아스팔트이다. 이는 몇해 전에 일반적으로 사용하던 침입도 60~70(AP-5)와 침입도 85~100(AP-3)에 비교하여 보면 아스팔트 포장에는 더욱 열악한 조건이다. 국책 연구를 비롯한 많은 연구에서 이러한 두가지 등급의 아스팔트가 PG 등급 시험에서 고온에서의 물성은 침입도 60~70(AP-5)이 침입도 85~100(AP-3)에 비해 한등급 높은데 비하여 저온에서의 물성이 동일한 것으로 나타남으로써 우리나라 전체에 침입도 60~70(AP-5) 한 종류의 아스팔트를 적용하도록 한 것이 무용지물이 된 셈이다.

표 2. 25mm 기층의 개선 및 추가(안)

체 크기		기 준			개 선 (안)					
		종 류	BB-1	BB-2	BB-3	구 분				
						공 칭 입 경(mm)	BB-1	BB-2	BB-3	BB-4
통 과 중 량 백 분 율 (%)	53 mm	100	-	-	53 mm	100	-	-	-	-
	37.5mm	95~100	100	-	37.5mm	95~100	100	-	-	-
	31.5mm	-	-	-	31.5mm	80~100	95~100	100	100	-
	26.5mm	70~100	-	100	26.5mm	70~100	80~100	90~100	95~100	-
	19 mm	55~90	55~90	75~100	19 mm	55~90	55~90	71~90	80~90	-
	13.2mm	-	-	-	13.2mm	40~80	46~80	56~80	60~78	-
	9.5 mm	30~70	40~70	50~85	9.5 mm	30~70	40~70	45~72	45~68	-
	4.75mm(No.4)	17~55	28~55	30~70	4.75mm (No.4)	17~55	28~55	29~59	25~45	-
	2.36mm (No.8)	10~42	-	-	2.36mm (No.8)	10~42	19~42	19~45	15~33	-
	2.00mm (No.10)	-	17~40	20~50	600µm (No.30)	5~28	7~26	7~25	6~18	-
	600µm (No.30)	5~28	-	-	300µm (No.50)	3~22	4~19	5~17	4~14	-
	425µm (No.40)	-	5~23	5~25	150µm (No.100)	2~16	2~13	3~12	3~10	-
	300µm (No.50)	3~22	-	-	75 µm (No.200)	1~10	1~7	1~7	2~8	-
	150µm (No.100)	-	-	-						
75 µm (No.200)	1~10	1~7	1~7							

표 3. 19mm 표층의 개선 및 추가(안)

구 분		기 존	개선(안)	기 존	개선(안)	추 가(안)
		밀입도	밀입도	밀입도	밀입도	내유동성
공칭입경 (mm)		19(WC-3)	19(WC-3)	19F(WC-4)	19F(WC-4)	19R(WC-5)
통과 중량 백분율 (%)	26.5mm	100	100	100	100	100
	19 mm	95~100	90~100	95~100	95~100	90~10
	13.2mm	75~90	72~90	75~95	75~90	69~84
	9.5mm	-	56~80	-	67~84	56~74
	4.75mm(No.4)	45~65	35~65	52~72	45~65	35~55
	2.36mm(No.8)	35~50	23~49	40~60	35~50	23~38
	600 $\mu$ m(No.30)	18~30	10~28	25~45	18~30	10~23
	300 $\mu$ m(No.50)	10~21	5~19	16~33	10~21	5~16
150 $\mu$ m(No.100)	6~16	3~13	8~21	6~16	3~12	
75 $\mu$ m(No.200)	4~8	2~8	6~11	4~8	2~10	

표 4. 13mm 표층의 개선 및 추가(안)

구 분		기 존	개선(안)	기 존	개선(안)	추 가(안)
		밀입도	밀입도	밀입도	밀입도	내유동성
공칭입경 (mm)		13(WC-1)	13(WC-1)	13F(WC-2)	13F(WC-2)	13R(WC-6)
통과 중량 백분율 (%)	26.5mm	-	-	-	-	-
	19 mm	100	100	100	100	100
	13.2mm	95~100	90~100	95~100	95~100	90~10
	9.5mm	-	76~90	-	84~92	73~90
	4.75mm(No.4)	55~70	44~74	52~72	55~70	40~60
	2.36mm(No.8)	35~50	28~58	40~60	35~50	25~40
	600 $\mu$ m(No.30)	18~30	11~32	25~45	18~30	11~22
	300 $\mu$ m(No.50)	10~21	5~21	16~33	10~21	7~16
150 $\mu$ m(No.100)	6~16	3~15	8~21	6~16	4~12	
75 $\mu$ m(No.200)	4~8	2~10	6~11	4~8	3~9	

### 2.3 아스팔트 혼합물의 입도 개정

기층용 아스팔트 혼합물의 입도는 <표 2>의 개정 입도를 사용하고, 소성변형 발생 가능성이 높은 지역의 기층에는 BB-4의 입도를 적용하여야 한다. 또한 표층의 경우 <표 3>~<표 4>의 개정입도 중 일반 지역의 경우 WC-1~WC-4의 입도를 적용하며, 소성변형 발생 가능성이 높은 지역에는 내유동성 입도

인 WC-5와 WC-6 입도를 적용하고 중간층의 경우는 WC-5 입도를 적용하는 것이 좋다.

### 2.4 아스팔트 혼합물의 배합설계

- 마샬 배합설계시 아스팔트 혼합물의 다짐온도는 최적아스팔트 함량을 결정하는데 가장 중요한 요 소인 공극률에 큰 영향을 미치기 때문에 <표 5>에

표 5. 마살공시체 제작시 아스팔트 혼합물의  
혼합온도와 다짐온도

	다짐온도(℃)	혼합온도(℃)
일반(침입도 60-80)	140±2	150±2
SMA(침입도 60-80)	150±2	160±2

나타낸 아스팔트 혼합물의 혼합온도와 다짐온도를 반드시 준수하여 공시체를 제작하여야 한다. 마살공시체의 제작시 혼합물 다짐온도는 마살 물성치에 큰 영향을 미치기 때문에 각기 다른 다짐온도에서 다짐된 동일한 혼합물의 물성치는 결국 최적 아스팔트 함량이 다르게 결정되는 원인을 제공하게 된다. 그리고 마살공시체 다짐시에 혼합물의 온도저하를 방지하기 위하여 마살몰드와 저판 및 다짐판도 다짐온도와 동일하게 가열하여 사용하여야 한다.

- 마살 공시체 제작시 골재와 아스팔트 바인더 및 아스팔트 혼합물의 가열시 사용하는 고온 건조로는 건조로 내부 위치에 따른 온도 변화가 적은 순환 팬이 장착된 강제 송풍식 건조로를 사용하여야 하며, 건조로 내부에 직접 각 골재나 혼합물의 온도측정이 가능하도록 건조로 내부 온도계를 설치하여 사용하여야 한다.

일반적으로 아스콘 플랜트에 보유하고 있는 실내 다짐시 아스팔트 혼합물을 가열하는데 사용하는 건조로는 대부분 건조로 내부의 고른 온도분포를 유지하는 데 필요한 송풍을 위한 팬이 달려 있지 않은 것이 대부분이다. 그러므로 혼합물의 다짐온도의 유지를 위해서는 아스콘플랜트에 사용하는 건조로를 반드시 팬이 달려있는 강제 송풍식으로 바꾸어야 한다.

또한 건조로 온도가 일정하게 유지된다 하더라도 건조로 내부에 들어있는 혼합물의 온도가 다짐온도에 도달하였는지를 알기 위해서는 건조로 내부의 혼합물에 온도센서를 꽂아서 건조로 외부에서 모니터할 수 있는 장치도 필수적으로 구비하여야

하겠다.

- 아스팔트 혼합물의 배합설계시 사용하는 이론최대밀도는 KS F 2366(“역청포장 혼합물의 이론적 최대비중 및 밀도 시험방법”)의 방법을 사용하여 시험으로 직접 구한 유효 혼합골재 비중을 사용하여 아스팔트 함량별 이론최대밀도 값을 계산하여 사용하여야 한다. 유효 혼합골재 비중 적용시 각 골재의 비중시험 결과로부터 겉보기비중을 사용하여 계산한 혼합골재비중과 표면건조겉보기 비중을 적용하여 계산한 혼합골재비중 사이에 KS F 2366 시험으로 측정하여 구한 유효 혼합골재 비중 값이 존재하는지를 반드시 확인하여 시험의 정확성을 확인한 후 이 값을 사용하여야 한다.

기존의 배합설계시 이론최대밀도는 혼합물에 사용되는 각 골재의 비중과 배합비를 사용하여 계산에 의해 구하는 간접적인 방법을 사용하였다. 이러한 이론최대밀도 계산시 국토 및 시도공사에서는 이론최대비중의 계산에 골재의 겉보기 비중을 사용하고 있으며, 고속도로 공사에서는 골재의 겉보기 비중과 표면건조 겉보기 비중의 평균값인 평균비중을 사용하였다.

이러한 이론최대비중 계산방법의 차이가 국토에 사용하는 아스팔트 함량이 높게 나타나고 상대적으로 고속도로에 사용하는 아스팔트 함량은 낮게 설계되는 불일치를 발생시키게 되었다. 이러한 결과로 인하여 아스팔트 함량 증가에 따라 소성변형이 크게 발생하는 아스팔트 포장의 특성에 따라 국토에 더 큰 소성변형이 발생한 하나의 원인이 된 것으로 판단된다.

- 중교통 노선이나 소성변형의 우려가 있는 노선에 대한 아스팔트 포장은 배합설계시 반드시 마살타격회수 75회를 적용하여 결정한 최적 아스팔트 함량을 적용하여 사용하여야 한다(소성변형에 유리한 낮은 아스팔트 함량 사용).

중교통 노선이나 교차로 등과 같은 소성변형 발생이 빈번한 지역에 대해서는 내유동성에 효과가

있는 특수포장이나 일정한 PG 등급 이상의 아스팔트를 사용하는 밀입도 아스팔트 포장을 의무화할 필요가 있다.

참고로 마살 타격회수 75회를 적용한 국내의 일반적인 아스팔트 혼합물의 최적 아스팔트 함량은 대략 19mm 혼합물의 경우  $5\% \pm 0.3\%$ , 13mm 혼합물의 경우  $5.3 \pm 0.3\%$  정도의 분포를 나타내는

것을 참고할 수 있다.

- 배합설계 기준은 최근의 교통여건을 고려하여 소성변형과 균열이 공용후 거의 동시에 생길 수 있는 범위로 경험적으로 설정하였다. <표 6>~<표 8>은 표층과 기층용 아스팔트 혼합물의 내구성 향상과 합리적인 아스팔트 함량의 결정을 위하여 개선되었다.

표 6. 개선된 표층용 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준(안)

	WC - 1 ~ 4	WC - 5, 6(내유동성 입도)
안 정 도 (kg)	500(750) 이상	600 이상
공 극 율 (%)	3 ~ 6	3 ~ 5
포 화 도 (%)	65 ~ 80	70 ~ 85
흐 림 값 (1/100cm)	20 ~ 40	15 ~ 40
골재 공극률(VMA) (%)	<표 2.13> 참조	
수침마살 잔류 안정도 (%)	75 이상	75 이상
다 짐 회 수 (회)	양면 50(75) 회	양면 75 회

표 7. 개선된 역청처리 기층의 마살 배합설계 기준(안)

구 분	기 준 값
안 정 도 (kg)	350(500) 이상
흐 림 값 (1/100cm)	10 ~ 40
공 극 율 (%)	4 ~ 6
포 화 도 (%)	65 ~ 75
골재공극률 (%)	<표 2.13> 참조
다 짐 회 수 (회)	양면 50(75)

※ ( )안의 숫자는 유동에 의한 소성변형이 우려되는 포장에 적용한다.

표 8. 최소 골재 공극률(VMA) 기준

설계공극률(%)	최소 골재공극률(VMA) (%)			
	3.0	4.0	5.0	6.0
공칭치수(mm)				
13.2	13.0	14.0	15.0	16.0
19.0	12.0	13.0	14.0	15.0
25.0	11.0	12.0	13.0	14.0
31.5	10.5	11.5	12.5	13.5
37.5	10.0	11.0	12.0	13.0

- 아스팔트 혼합물의 배합설계시 콜드빈 골재에 대해서는 예비 배합설계를 통하여 콜드빈의 투입비를 결정하고, 예비배합설계에서 결정된 콜드빈 투입비 대로 골재를 드라이어로 투입하여 핫스크린을 거쳐 각 핫빈에 저장된 골재를 샘플링하여 배합설계를 실시하여야 한다.

현재 아스팔트 혼합물의 배합설계는 콜드빈 골재를 대상으로 배합설계를 실시하고 있다. 그러나 실제로 아스팔트 혼합물의 배합설계란 단순히 콜드빈의 배합비와 아스팔트 함량의 결정에 지나지 않는다. 그렇기 때문에 아무리 좋은 배합비와 아스팔트 함량으로 설계된 혼합물이라 할지라도 설계와는 전혀 다르게 시공된다면 배합설계 자체는 아무런 의미가 없게 된다. 이렇게 잘 배합 설계된 아스팔트 혼합물이 현장에 제대로 시공이 되려면 현재의 콜드빈 배합설계 절차로는 부적당한 것으로 판단된다.

실제로 아스콘 플랜트에서는 배합 설계시 주어진 배합비를 콜드빈의 게이트 열림의 크기로 유출량을 조정하거나 콜드빈 게이트 입구에 설치된 VS 모터로 구동되는 컨베이어의 벨트의 회전속도로 조정되어 드라이어로 투입된다. 이러한 과정에서는 실제로 골재를 계량하는 장치가 없기 때문에 배합설계시 결정된 배합비대로 각 골재가 정확히 투입되는 것은 사실상 불가능하다.

그러므로 실제로 현장에 시공되는 혼합물을 배합설계시에 의도된 입도와 아스팔트 함량에 가깝게 시공하기 위해서는 콜드빈 골재에 대한 예비 배합설계를 통하여 콜드빈의 투입비를 결정하고, 예비배합설계에서 결정된 콜드빈 투입비 대로 골재를 드라이어로 투입하여 핫스크린을 거쳐 각 핫빈에 저장된 골재를 샘플링하여 배합설계를 실시하면 실제로 시공되는 혼합물과 가장 가까운 입도의 배합설계를 할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 아스콘 플랜트 품질관리 주안점 및 장비 개선

- 긴급 보수에 해당하지 않는 모든 아스팔트 혼합물에 대하여 현장배합(Job Mix Formula : JMF)을 반드시 실시하여 실제 플랜트 생산 혼합물의 품질을 미리 확인하고 현장배합 입도와 아스팔트 함량 및 공극률 등의 품질 기준을 결정된 후에 시공에 임하여야 한다.

현장배합(JMF)이란 실내배합에서 결정된 골재 배합비와 아스팔트 함량을 사용하여 본 시공전에 배합설계된 입도와 가장 가까운 핫빈 배합비를 결정하여 실제 공사에 사용될 혼합물을 현장 플랜트에서 생산하여 채취하고 배합설계시와 동일한 조건으로 실내에서 마샬공시체를 만들어 아스팔트 혼합물이 품질기준에 적합한지를 결정하는 것이다. 실제 현장 플랜트 조건은 실내 조건과 상이하여 아스팔트 혼합물의 물성치가 다르게 나타나는 것이 보통이다. 이러한 문제의 해결을 위하여 콜드빈 골재에 대한 예비 배합설계를 실시하여 예비 배합설계에서 결정된 합성입도가 되도록 각 콜드빈(cold bin) 골재의 유출량을 조정하여 드라이어로 투입하고, 핫스크린을 통하여 핫빈(hot bin)에 저장된 골재를 채취하여 체분석을 실시한 후 예비 배합설계시 결정된 합성입도와 가장 가까운 입도합성이 되도록 각 핫빈의 배합비를 결정한다. 이렇게 결정된 핫빈 배합비를 사용하여 실내 배합설계시 결정된 최적 아스팔트 함량 -0.5 %, 최적 아스팔트 함량, 최적 아스팔트 함량 +0.5 %의 순으로 각각 플랜트에서 혼합물을 생산하여 샘플을 채취하고, 실내 배합설계시와 같은 조건으로 이 3종류의 혼합물에 대하여 공시체를 제작한 후 마샬 물성치를 계산하고 배합설계 기준에 맞는지를 검토한다. 배합설계시의 조건과 다를 경우 배합설계 기준에 맞게 아스팔트 함량을 조절한다. 이렇게 하여 결정된 핫빈

의 배합비와 아스팔트 함량을 적용하여 생산한 혼합물이 최종적으로 현장배합이 완료된 아스팔트 혼합물이다.

- 아스팔트 혼합물의 현장 배합 허용 오차는 최종적으로 결정된 아스팔트 함량을 사용하여 플랜트에서 생산된 혼합물에 대한 추출시험 결과로 나온 추출입도나 현장배합에서 결정된 핫빈 배합비를 합성한 입도곡선 중 한가지로 결정된 입도곡선에 대하여 적용되어야 한다.

생산된 혼합물에 대한 품질관리 기준은 실내 배합설계서에 명시된 합성입도와 최적 아스팔트 함량이 아니고 현장배합에서 최종적으로 결정된 아스팔트 함량과 현장 배합시 생산된 혼합물의 추출입도 또는 현장배합에서 결정된 핫빈 배합비를 합성한 입도곡선이 품질관리의 기준이 된다. 따라서 현장배합 오차를 결정하는 기준이 되는 입도곡선은 최종적으로 결정된 아스팔트 함량을 사용하여 플랜트에서 생산된 혼합물에 대한 추출시험 결과로 나온 추출입도나 현장배합에서 결정된 핫빈 배합비를 합성한 입도곡선이 사용되어야 한다.

- 현장의 아스콘플랜트의 콜드빈과 핫빈의 입도관리는 일 3회 이상 지속적으로 행하여 입도 변동 상황을 점검하여야 한다. 혼합물의 내구성에 영향을 미칠 정도의 입도변동 발생시에는 원 배합설계 상의 합성입도와 동일하게 다시 입도합성을 실시한 후 콜드빈 투입비를 다시 결정하고 핫빈

의 배합비 결정을 위한 현장배합을 다시 실시하여야 한다.

콜드빈 골재의 입도 변동은 핫빈의 입도변동 뿐만 아니라 오버플로우(overflow) 문제까지 야기함으로써, 아스콘플랜트 운영자는 오버플로우 문제를 개선하기 위하여 콜드빈 게이트 또는 VS 모터의 임의적인 조작을 하게 되고, 결국은 핫빈 골재의 더욱 심각한 입도 변경을 발생시킴으로써 설계된 혼합물과는 전혀 다른 혼합물의 생산을 발생시키는 결과를 불러올 수 있다.

- 아스팔트혼합물의 배합설계 및 현장배합 이전에 반드시 혼합물의 품질관리에 가장 큰 영향을 미치는 요소중의 하나인 오버플로우 문제 발생을 최소로 할 수 있는 본 지침의 [부록 1]“오버플로우를 고려한 콜드빈의 유출량 시험”을 반드시 실시하여야 한다.

오버플로우 문제를 효과적으로 해결하고 최초로 결정된 콜드빈 배합비의 변동 가능성을 제거하는 방법은 콜드빈 유출량 시험을 핫빈을 통하여 실시하는 방법이다.

핫빈을 통한 콜드빈 유출량시험은 배합설계시 결정된 콜드빈 배합비에 아스콘 1 배치(batch) 중량에 단위 시간당 사이클 타임을 고려한 보정계수를 곱한 후 아스팔트 함량을 제외한 골재의 중량 퍼센트를 곱함으로써 결정된다.

이러한 새로운 유출량 시험 방법은 본 지침의 [부록 1]을 참고하기 바람.

표 9. 아스콘 플랜트의 자동 배합장치 허용 오차

항 목	자동 배합 장치 허용오차(%)		
	기준	포장혼합물의 전체 배치무게(%)	개별 목표 계량 무게(%)
골 재		± 1.5	± 1
공물성 채움재		± 0.5	± 0.5
역 청 재		± 0.1	± 0.1
영점 회귀(골재)		± 0.5	± 0.5
영점 회귀(역청재)		± 0.1	± 0.1



○ 아스콘 플랜트에 기설치된 콜드빈 게이트의 개폐 높이를 조절을 가능하도록 개선하고, 핫빈에 공급되는 골재의 입도변동을 최소화하기 위하여 콜드피더를 VS(velocity speed) 모터로 컨베이어 피더를 회전시켜서 콜드빈 골재를 이송 컨베이어로 공급하는 방법으로 기존 플랜트를 변경하도록 한다. 콜드빈 골재의 안정적인 공급을 통한 좋은 품질의 아스팔트 혼합물의 생산을 위해서는 이러한 형태의 콜드빈 유출시스템의 장착을 의무화하여야 할 것으로 판단된다.

○ KS F 2356에 규정된 아스콘 플랜트의 자동배합장치 허용오차(%) 기준을 <표 9>와 같이 개선하여 적용한다.

KS F 2356에는 아스콘 플랜트의 자동배합장치 허용오차(%) 기준을 포장 혼합물의 전체 배치 무게(%) 로 규정하고 있어서 이러한 정밀도를 골재에 적용할 경우 2t 한 배치를 생산할 경우 ± 30kg의 오차를 허용하게 되어서 실제로 골재 계량 시에만 골재의 무게가 최고 60kg 까지 차이를 나타낼 수 있다. 또한, 각 핫빈 별로 골재의 배합비가 일반적으로 상이하기 때문에 특히 적은 양이 사용되는 골재의 개별오차(%)는 크게 확대되어 나타난다. 이러한 기준에 맞는 정밀도가 낮은 계량 저울을 사용할 경우 배합설계 시에 의도한 혼합물과 전혀 다른 아스팔트 혼합물을 생산되게 할 수가 있다.

○ 아스팔트 혼합물의 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 No.8체(2.36mm)와 No.4체(4.75mm)에 해당하는 입경의 정확한 조절을 위하여 아스콘플랜트에 설치하는 핫스크린을 하단부터 3.5~4mm 체 망, 6~8mm 체 망 순으로 설치하는 방안을 적극적으로 고려하여야 한다.

아스팔트 혼합물의 공용성 향상을 위해 현재의 4단 스크린을 사용하여 다양한 종류의 혼합물을 생산하기 위하여 추천 가능한 핫스크린의 배치는 하단부터 3.5mm, 6mm, 12mm, 40mm의 구성을 추천할 수 있다. 또한, 이러한 목적의 달성을 위하

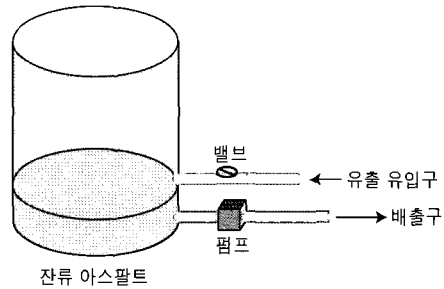


그림 2. 개질아스팔트를 위한 아스팔트 저장 탱크 개선

여 현재의 4단 스크린과 4개의 핫빈 시스템을 5단 스크린과 5개의 핫빈 시스템으로 변화시키는 것이 아스콘의 품질향상을 위해 취해져야 할 조치이다.

○ 프리믹스(pre-mix)된 형태의 개질 아스팔트를 사용하여 아스팔트 혼합물을 생산할 시는 기존 아스팔트 잔류분과 개질 아스팔트가 혼합되는 것을 방지하기 위하여 <그림 2>와 같이 개질 아스팔트 반입시 기존 아스팔트를 완전히 제거하는 데 사용할 수 있도록 아스팔트 저장 탱크 하단에 배출 펌퍼 시설을 설치하도록 하는 것이 좋다.

대부분의 아스콘 플랜트에 설치된 아스팔트 저장 탱크에서 아스팔트 계량 버킷으로 이송하는관이 저장탱크 하단에서 일정한 높이 위에 설치되어 있기 때문에 기존에 사용하던 일반 아스팔트를 모두 빼낸다 하여도 설치된 이송관 하부의 아스팔트는 제거하지 못하는 구조로 되어 있다. 이러한 구조로 인하여 PG 등급이 높은 개질 아스팔트의 반입시 기존의 아스팔트와 섞임으로 인하여 초기에 요구하는 개질아스팔트 혼합물의 성능에 미치지 못하는 혼합물이 생산될 가능성이 많다. 이러한 문제의 해결을 위하여 다른 아스팔트 반입시 기존 아스팔트 제거에 사용할 수 있도록 아스팔트 저장 탱크 하단에 배출 펌퍼 시설을 설치할 것을 규정할 필요가 있다.

#### 4. 생산 및 시공 중 품질관리

- 아스팔트 혼합물의 생산과 시공시 점검사항에 대하여 간략하게 기술한다.
  - (1) 콜드빈 골재에 대한 편장석 시험은 정기적으로 실시하며, 육안 관측으로 변화가 의심될 시나 크러셔 장비의 수리나 스크린 교체시에 실시한다.
  - (2) 핫빈 골재를 정기적으로 채취하여 체분석 시험을 실시하여 각 빈별 입도 변화를 검사하고 변동시 핫빈 별 배합비를 조정하며, 입도의 변동이 발생할만한 사건발생시에도 이와 같이 시행한다.
  - (3) 정기적으로 아스팔트 추출시험을 통한 아스팔트 함량을 검사한다.
  - (4) 시공후 현장코아 채취를 통한 현장다짐도의 검사를 철저히 한다. 이를 위해서 감독자는 품질관리시험표를 만들어 각각의 항목에 대해 전 시공 공정에 대하여 품질변화를 살펴볼 수 있는 차트를 만들어 관리하고, 개별적인 목표 차에서 일정한 경향을 보이며 오차를 보이는 항목에 대해서는 그 오차 원인을 분석하여 수정하여야 한다.
- 아스팔트 혼합물의 품질관리를 위하여 <표 10>에 규정된 품질규격 시험을 반드시 실시한다.

#### 5. 아스팔트 포장 시공시 문제점 개선

- 시공시 시방에 규정된 아스팔트 포장의 적정한 다짐도 달성을 위하여 반드시 시험시공을 통하여 로울러의 다짐에너지, 다짐회수 및 아스팔트 혼합물의 적정 다짐온도 등을 확인하여 표준 시공 기준을 설정한 후 본 시공에 임하여야 한다. 현재 일반 밀입도 혼합물의 포설 후 다짐시 사용하는 로울러는 일반적으로 매카덤 로울러, 타이 어 로울러, 탄뎀 로울러가 사용되고 있다. 그러나 배합설계시 타격회수 50회로 설계된 경교통 노선에 사용되는 로울러의 조합이나 75회로 설계된 중교통 노선의 포장 다짐에 사용되는 로울러의 조합이 전혀 구별없이 사용되고 있는 실정이다. 현장에서의 다짐 효과를 가장 크게 좌우하는 2가지가 다짐온도와 사용 로울러의 다짐에너지 즉, 로울러 무게이다. 그런데도 경교통과 중교통 노선에 사용되는 로울러가 다짐에너지의 구분없이 사용됨으로서 경교통 노선에서는 과다짐의 우려가 있으며 중교통 노선에서는 다짐 부족의 문제를 내포하고 있다. 이러한 문제는 곧 소성변형의 발생이나 포트홀과 같은 포장 파손을 야기시키는 직접적인 원인이 되고 있다.
- 아스팔트 포장의 시공시 공용성에 가장 큰 영향을 미치는 요소가 다짐도이기 때문에 적정한 다짐도의 달성을 위하여 비파괴 시험장비를 적극적

표 10. 품질규격시험 항목

공종	재 료 명		규격시험항목	참조 규격
기층 표층	쇄 석		편평 및 세장편 함유량	KS F 2575
			입 도	KS F 2502
	아스팔트	포장용 석유아스팔트	물리성상	KS M 2201
	가열 아스팔트 혼합물		마찰 물성치	KS F 2337

으로 도입하여 다짐이 진행되는 동안 실시간으로 다짐도를 확인하여 관리하는 방법을 고려하는 것이 좋다.

아스팔트 포장 공사가 끝난 후 포장의 두께, 평탄성, 다짐도에 대해 반드시 점검하도록 하여야 한다. 실제로 현재의 검사방법이 코어채취 등의 포장을 손상시키는 검사이기 때문에 철저하게 검측이 시행되지 않는 문제점이 있으므로 방사선 장비를 이용한 다짐도 측정 방법과 GPR 장비 등을 통한 포장 두께 확인을 하는 비파괴 시험법을 활성화 하여야 할 것으로 판단된다.

- 아스팔트 혼합물의 공용성 향상을 위해서 현장 플랜트에서 생산된 혼합물에 대한 검사를 철저히 행하고 시공시 다짐온도와 다짐도에 대한 즉각적인 평가를 통하여 시공불량의 원인을 분석한 뒤 신속한 조치를 취하여야 한다. 불량 시공된 아스팔트 혼합물의 경우 불량원인을 제공한 주체가 아스팔트 플랜트인지 시공사인지 책임소재를 명확히 함으로써 고품질의 아스팔트 혼합물을 시공할 수 있다. 불량 시공된 아스팔트 혼합물에 대해서는 즉각적인 하자 보수 조치를 취하여야 한다.

## 6. 도로특성 및 기존 소성변형 발생부 아스팔트 혼합물 적용방안

아스팔트 혼합물 온도 상승에 기인하여 발생하는 유동에 의한 소성변형 영향 깊이는 표면에서 잠정적으로 10cm를 적용하는 것으로 한다. 그러므로 상승적인 혼합물 유동에 의해 소성변형이 발생하는 장소의 보수는 최소 10cm 이상을 절삭하고 2개층으로 시공하는 것을 원칙으로 한다.

소성변형이 상승적으로 발생하는 지역에 대한 보수 방법과 소성변형의 우려가 높은 구간의 신설 아스팔트 포장구간의 아스팔트 혼합물 적용방안을 <표 11>에 나타내었다.

소성변형이 이미 발생한 지역에 절삭 재포장을 할 경우에는 반드시 하부 포장체에 대하여 소성변형 영향 유무를 검사하여 소성변형 가능성이 있는 혼합물은 하부포장체도 제거한 후 상부 포장체를 시공하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

본 시험결과와 단기적인 성과로부터 소성변형 영향깊이는 최소한 10cm 정도로 설정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 그러므로 표층에서 10cm 깊이의 혼합물에 대해서는 반드시 소성변형 저항성이

표 11. 신설 및 보수시 아스팔트 혼합물 적용방안

구분	절삭재포장			신설		
	혼합물 종류	층두께 (cm)	비고	혼합물 종류	층두께 (cm)	비고
표층	19mm 일반혼합물 13mm SMA혼합물 개질아스팔트혼합물	4~5	심각한 상승소성변형 발생 지역일 경우 PG 76-22 이상의 개질아스팔트 바인더 적용 (SMA도 동일)	19mm 일반혼합물 13mm SMA혼합물 개질아스팔트혼합물	5	중교통 노선일 경우 PG 76-22 이상의 개질 또는 SMA 혼합물 적용(개질 SMA 적용 검토)
중간층	WC-5(19mm 내유동성입도)	5~8	아스팔트함량 5% 이하 적용	BB-4 (내유동성 25mm 기준)	7~10	중교통 노선일 경우 배합 설계시 타격회수 75회 적용
기층	기존상태 유지			BB-1, BB-2, BB-3	층류에 따라 7~10cm 이상	장기적인 공용성 측면에서 골재최대치수 작을수록 유리

높은 아스팔트 혼합물을 선정하여 시공하여야 한다. 또한, 교면포장의 경우는 상부층과 하부층 모두에 대하여 소성변형에 대한 저항성이 큰 혼합물의 시공을 우선적으로 고려하여야 한다. 기존에 소성변형이 상습적으로 발생하는 중교통이

통행하는 교차로나 중교통 노선의 경우 소성변형 최소화를 위하여 아스팔트 혼합물을 절삭하고 시공할 경우 최소 10cm~최고 15cm 정도의 혼합물을 제거하고, 소성변형 저항성이 큰 아스팔트 혼합물로 재시공하는 것이 필요한 것으로 판단된다.

본 특집기사는 건설교통부에서 발주한 "한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구"의 연구성과물인 "소성변형 저감을 위한 잠정 지침"을 요약한 것으로, 잠정 지침 원문은 인터넷의 『www.pavementinfo.com』을 참조하시기 바랍니다.

### 학회지 원고모집 안내

학회지 편집위원회에서는 다음과 같은 내용으로 여러분을 초대하고자 합니다. 언제든지 참여하시어 알찬 학회지를 만듭시다. 여러분의 원고를 기다리겠습니다. (연락처 : 학회사무국 또는 편집위원)

컬 럼	내용 및 형식	비 고
권두언/축사/제언/격려사	시사성 있는 내용으로 A4 2쪽이내 분량으로 작성	편집위원회 주관
특집	회원들에게 도로포장내용과 최신동향소개 : 특집편집위원회 주관하여 연재	게재원고료 지급 심의 후 게재
기술기사	도로 및 도로포장과 관련된 기술보고서로서 A4 10쪽 이내 분량으로 작성 : 사례연구, 공사지, 성공 및 실패사례, 지역별 도로특성, 국내 산학연 합동 연구, 국내외 관련연구소 소개 등	심의 후 게재
기술위원회 세미나 주요내용	기술위원회 세미나 내용을 자세히 요약하여 그 내용을 회원들에게 알리는 컬럼	기술위원회 제공
해외기술동향	도로 및 도로포장관련 해외의 최신 연구내용 및 결과로 A4 4쪽 이내	
국내의 학술회의	도로 및 도로포장과 관련된 학술 및 기술강좌, 세미나 등의 내용 소개	E-mail 이용 가능
문화산책(교양)	교양과 관련된 내용으로 A4 4쪽 이내 : 수필, 취미생활(등산, 낚시 등), 독후감 및 의견제시 등 자유내용	게재원고료 지급 심의후 게재
국내의 신간도서 소개	최근 발간된 도로 및 도로포장 도서 내용소개 및 총평과 국내 회귀 입수 서적 소개	E-mail 이용 가능
학교 및 업체연구소 소개	도로 및 도로포장관련 학교 연구실 및 업체 연구소의 A4 2쪽 내외 소개	게재분량 염수
학회소식	정기총회 및 학술발표회 소식, 이사회 회의록, 기술위원회 활동소식 등	학회 사무국 제공
Q/A	도로 및 도로포장 관련 문제에 대한 질문과 답변	E-mail 이용 가능
회원동정	주소변경, 직장변경, 경조사, 회원가입, 박사 및 석사학위 취득자 등	E-mail 이용 가능

E-mail : kospe@hanmail.net