



국내 아스팔트 포장 시공현장의 입도관리 현황 및 개선방안 연구

The Improvement Method and analysis of Gradation Control on the Construction Asphalt Pavement within the Country

옥창권* 김진환** 이종섭***
 Ock, Chang Kwon Kim, Jin Hwan Lee, Jong Sup

1. 서론

가열 아스팔트 혼합물의 골재입도 규정은 축적된 현장 경험을 통하여 개발되어 왔으며, 많은 경우에서 이 규정들은 국부적인 조건을 반영시키기 위한 시행 착오에 의해 만들어졌다. 가열 아스팔트 혼합물에 대한 대부분의 입도규정은 최대밀도곡선에 대략 평행한 곡선의 중간부분인 밀입도 골재입도를 요구한다. 아스팔트 콘크리트 포장은 골재입도에 근거하여 형성된 맞물림 특성으로 외력(소성변형)에 저항하고 점성이 높은 아스팔트(결합재)에 의하여 균열에 저항하는 원리로 형성된 포장 형식이다. 그러므로 아스팔트 콘크리트 포장 재료에서 가장 중요한 인자는 골재의 품질과 입도 그리고 아스팔트의 품질과 함량이다.

시공된 골재입도가 배합설계된 입도와 상이한 경우, 아스팔트 혼합물은 골재입도에 따른 맞물림 특성과 적절한 함량의 아스팔트의 점착력으로 외력에 저항하는 원리를 가진다. 그러므로 골재 입도의 변화는 아스팔트 혼합물의 강도 특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자로서, 골재 입도의 큰 변화는 아스팔트 콘크리트 포장의 양호한 공용성을 얻는 데 큰 지장을 초래하며, 골재의 입도가 조립인 경우 골재 탈리 및 포트홀 등의 파손이 발생할 가능성이 높으며, 골재의 입도가 세립인 경우는 소성변형의 발생 가능성이 크게 됨으로 포장의 조기파손 등을 초래할 수 있다.

따라서, 본 연구는 국내 아스팔트 포장 시공현장의 입도관리 현황 및 실태를 시공현장에 대한 샘플링을 통하여 통계분석에 의한 품질관리 방안을 연구하고자 한다.

2. 국내 시공현장 아스팔트 혼합물의 입도 분석

2.1 표층용 아스팔트 혼합물의 입도 분석

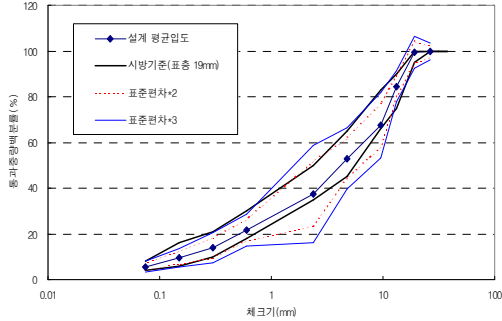
전국의 대략 40개소의 시공 현장에서 시공되고 있는 87개의 표층용 아스팔트 혼합물에 대해 입도를 조사하였다. <그림 2.1>은 40개소 현장의 배합설계된 표층용(밀입도 20mm) 아스팔트 혼합물의 전체 평균입도와 전체 배합설계된 입도의 표준편차 등을 나타낸 것으로 <그림 2.1>에서 보는바와 같이 밀입도 20mm 입도 하한에 근접하는 조립의 입도 분포로 나타났다. 이는 통행하는 차량의 중량화와 여름철 대기온도의 고온화로 가속화되는 아스팔트 콘크리트 포장의 소성변형 발생을 억제하고자 조립의 입도도 설계한 것으로 판단된다.

<그림 2.2>는 시공 후 포설된 아스팔트 콘크리트 포장에서 코어시편을 채취한 표층 아스팔트 혼합물의 입도를 나타낸

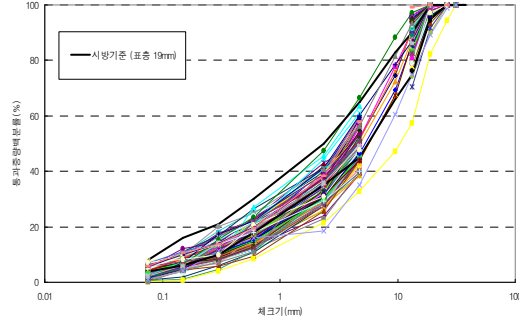
* 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 도로연구팀 전임연구원 · 031-371-3361 (ock@ex.co.kr)
 ** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 도로연구팀 연구원 · 031-371-3441 (kimtopia@ex.co.kr)
 *** 정희원 · 한국도로공사 도로교통연구원 도로연구팀 연구원 · 031-371-3361 (jura79@ex.co.kr)



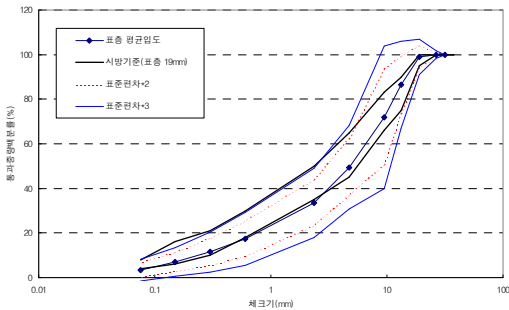
것이고, <그림 2.3>은 <그림 2.2>의 전체 평균입도와 표준편차 범위 등을 나타내었다. 배합설계 시와 포설된 아스팔트 혼합물의 입도 분석 결과 배합설계 시보다 다소 조립으로 시공되었음을 대략적으로 확인할 수 있다. <그림 2.4>는 표층 아스팔트 혼합물의 배합설계 시와 실제 포설된 아스팔트 혼합물의 입도차(실측값-설계값)를 나타낸 것으로 골재 크기가 클수록 배합설계 시와 실제 포설된 아스팔트 혼합물의 입도차가 크게 나타남을 확인할 수 있다.



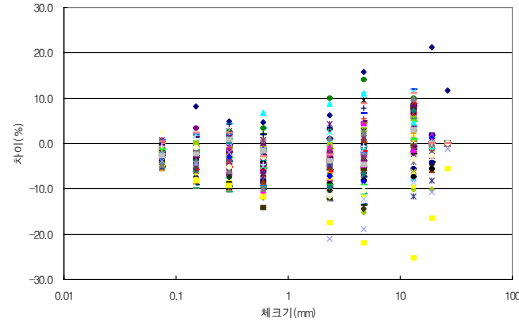
<그림 2.1> 배합설계 시 아스팔트 혼합물의 입도평균 및 표준편차-표층(19mm)



<그림 2.2> 시공 후 포설된 아스팔트 혼합물의 입도-표층(19mm)



<그림 2.3> 시공 후 포설된 아스팔트 혼합물의 입도평균 및 표준편차-표층(19mm)



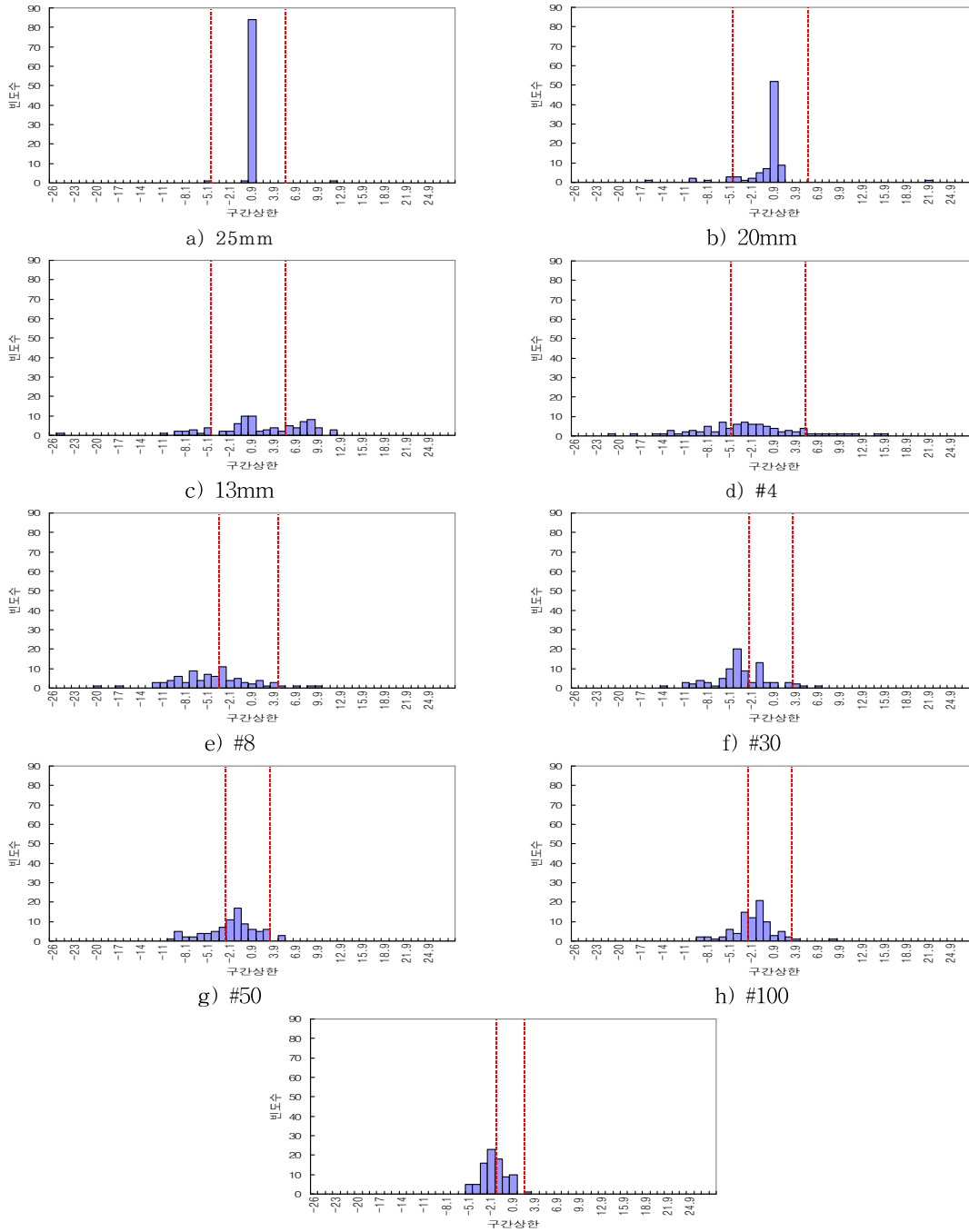
<그림 2.4> 실측값과 배합설계 시 아스팔트 혼합물의 입도차이-표층(19mm)

배합설계 시와 현장에 포설된 입도차의 허용기준은 한국도로공사 『전문시방서 2004』의 현장배합 허용오차 범위 기준을 적용하여 히스토그램 분석을 통해 현장입도를 분석하였다.

<그림 2.5>는 배합설계 시와 실측된 아스팔트 혼합물의 오차를 25mm ~ 0.08mm까지 9개의 골재크기별로 나누어 히스토그램 그래프로 나타내었고 <표 2.1>은 표층용 아스팔트 혼합물의 현장배합 허용오차의 분포를 표로 나타낸 것이다. 골재 크기 25mm와 20mm 골재는 현장배합 허용오차를 94% 이상 만족하는 것으로 나타났으며, 골재크기 13mm와 5mm 골재는 현장배합 허용오차를 52%~56% 정도 만족하는 것으로 나타났으며, 골재크기 2.5mm~0.6mm 골재는 현장배합 허용오차를 39%~46% 정도 만족하는 것으로 나타나 다른 골재입도에 비해 상당히 크게 배합설계 시와 현장에 포설된 입도가 차이가 있는 것으로 나타났으며, 골재크기 0.3mm~0.08mm 골재는 현장배합 허용오차를 69%~78% 정도 만족하는 것으로 나타났다. <그림 2.5>에 나타난 바와 같이 설계시보다 조립의 입도분포로 생산되어 포설되어 있음을 확인할 수 있으며, 현장배합 오차는 골재의 입도 중 가장 공극률에 민감하게 반응하는 2.5mm 골재 부근에서 가장 많은 오차가 발생함은 심각한 아스팔트 혼합물의 품질이 변동될 수 있는 요인을 제공하는 것으로 아스팔트 혼합물의 생산시 입도관리가 제대로 관리되고 있지 않음을 확인할 수 있다. 이는 아스팔트 플랜트에서 사용 골재의



적정 공정관리가 이루어지고, 유출량 시험을 통해 핫빈 골재의 원활한 공급이 이루어져야 하는데, 이를 철저히 이행하지 않음으로 인해 발생한 것으로 추정된다.



〈그림 2.5〉 현장배합 오차(표준)



〈표 2.1〉 아스팔트 혼합물의 현장배합 허용오차 (표층)

구분		체크기(mm)	25	20	13	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.08
						(No.4)	(No.8)	(No.30)	(No.50)	(No.100)	(No.200)
측점수	- 범위		0	4	10	29	41	49	23	17	26
	현장배합 오차 이내		86	82	45	49	39	34	61	68	60
	+ 범위		1	1	31	9	4	4	3	2	1
	계		87	87	86	87	84	87	87	87	87
백분율 (%)	- 범위		0.0	4.6	11.6	33.3	48.8	56.3	26.4	19.5	29.9
	현장배합 오차 이내		98.9	94.3	52.3	56.3	46.4	39.1	70.1	78.2	69.0
	+ 범위		1.1	1.1	36.0	10.3	4.8	4.6	3.4	2.3	1.1
	계		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

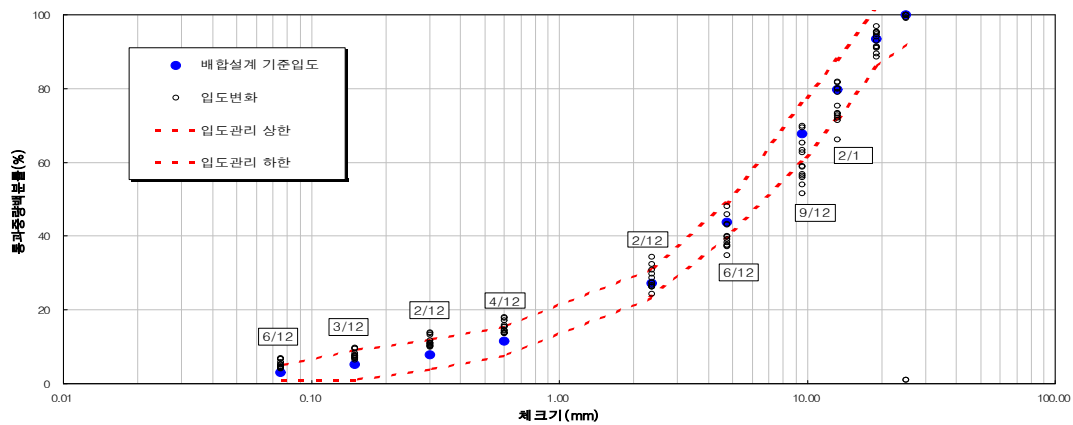
2.2 국내 시공현장 아스팔트 플렌트의 사례

2.2.1 비 모범사례

국내의 시공 현장에서 시공되고 있는 기층과 표층용 아스팔트 혼합물에 대해 입도를 조사하였다. 〈그림 2.6〉은 현장 배합설계된 기층용(BB-2) 아스팔트 혼합물, 〈그림 2.7〉은 표층용(WC-3) 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준 입도와 배합설계된 입도를 허용오차를 고려한 입도관리 상한과 하한 내에 나타내었다.

배합설계 시와 현장에 포설된 입도차의 허용기준은 한국도로공사 『전문시방서 2004』의 현장배합 허용오차 범위기준을 적용하여 현장입도를 분석하였다.

〈그림 2.6〉은 기층용(BB-2) 아스팔트 혼합물의 배합설계 시와 포설된 아스팔트 혼합물의 입도분석 결과 배합설계 시와 시공 후 포설된 아스팔트 혼합물의 입도차가 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 골재크기 25mm와 20mm 골재는 현장배합 허용오차 83% 이상 만족하는 것으로 나타났으나, 골재크기 10mm와 5mm 골재는 현장배합 허용오차를 25%~50%정도 만족하는 것으로 나타나 다른 골재입도에 비해 상당히 크게 배합설계 시와 현장에 포설된 입도가 차이가 있는 것으로 나타났으며, 골재크기 2.5mm~0.3mm 골재는 현장배합 허용오차를 66.7%~83.3% 정도 만족하는 것으로 나타났으며, 골재크기 0.15mm와 0.08mm 골재는 현장배합 허용오차를 50%~75% 정도 만족하는 것으로 나타났다.



〈그림 2.6〉 실측값과 배합설계 시 아스팔트 혼합물의 입도변화 및 차이 (기층BB-2)

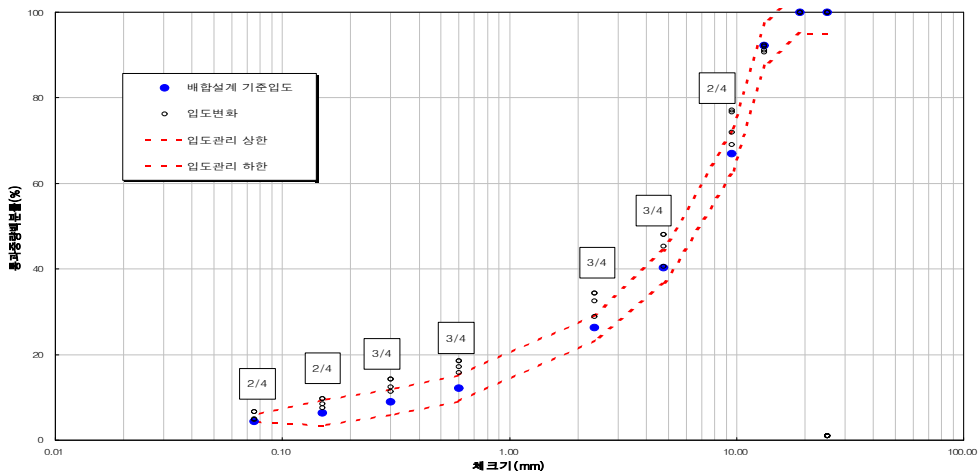


〈표 2. 2〉 아스팔트 혼합물의 현장배합 허용오차 (기층 BB-2)

구분		체크기(mm)	25	20	10	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.08
						(No. 4)	(No. 8)	(No. 30)	(No. 50)	(No. 100)	(No. 200)
측점수	-범의		0	2	9	6	0	0	0	0	0
	현장배합 오차이내		12	10	3	6	10	8	10	9	6
	+범위		0	0	0	0	2	4	2	3	6
	계		12	12	12	12	12	12	12	12	12
백분율 (%)	-범의		0.0	16.7	75.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	현장배합 오차이내		100.0	83.3	25.0	50.0	83.3	66.7	83.3	75.0	50.0
	+범위		0.0	0.0	0.0	0.0	16.7	33.3	16.7	25.0	50.0
	계		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

〈그림 2.7〉은 표층용(WC-3) 아스팔트 혼합물의 배합설계 시와 포설된 아스팔트 혼합물의 입도분석 결과 배합설계 시와 시공 후 포설된 아스팔트 혼합물의 입도차가 크게 나타남을 확인할 수 있었다. 골재크기 25mm와 20mm 골재는 현장배합 허용오차 100% 이상 만족하는 것으로 나타났으나, 골재크기 10mm와 5mm 골재는 현장배합 허용오차를 25%~50% 정도 만족하는 것으로 나타나 다른 골재입도에 비해 상당히 크게 배합설계 시와 현장에 포설된 입도가 차이가 있는 것으로 나타났다. 골재크기 2.5mm~0.3mm 골재 역시 현장배합 허용오차를 25% 정도 만족하는 것으로 나타났으며, 골재크기 0.15mm와 0.08mm 골재는 현장배합 허용오차를 50%정도 만족하는 것으로 나타났다.

현장배합 오차는 골재의 입도 중 가장 공극률에 민감하게 반응하는 5mm 골재 부근에서 가장 많은 오차가 발생함은 아스팔트 혼합물의 심각한 품질 변동 요인을 제공하는 것으로 아스팔트 혼합물 생산시 입도관리가 제대로 관리되고 있지 않음을 확인할 수 있다. 이는 아스팔트 플랜트에서 사용 골재의 적정 공정관리가 이루어지고, 유출량 시험을 통해 핫빈 골재의 원활한 공급이 이루어져야 하는데, 이를 철저히 이행하지 않음으로 인해 발생된 것으로 추정된다.



〈그림 2.7〉 실측값과 배합설계 시 아스팔트 혼합물의 입도변화 및 차이(표층 WC-3)



〈표 2.3〉 아스팔트 혼합물의 현장배합 허용오차 (표층 WC-3)

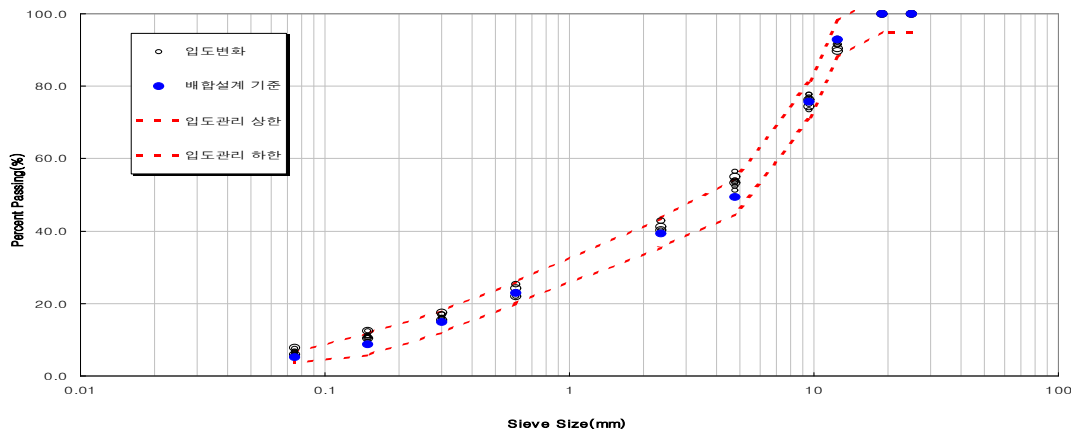
구분	체크기(mm)	25	20	10	5 (No. 4)	2.5 (No. 8)	0.6 (No. 30)	0.3 (No. 50)	0.15 (No. 100)	0.08 (No. 200)
측점수	-범의	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	현장배합 오차이내	4	4	2	1	1	1	1	2	2
	+범위	0	0	2	3	3	3	3	2	2
	계	4	4	4	4	4	4	4	4	4
백분율 (%)	-범의	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	현장배합 오차이내	100.0	100.0	50.0	25.0	25.0	25.0	25.0	50.0	50.0
	+범위	0.0	0.0	50.0	75.0	75.0	75.0	75.0	50.0	50.0
	계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

2.2.2 모범사례

국내의 시공 현장에서 사용되고 있는 콜드빈 골재에 대해 입도를 조사하였다. 〈그림 2.8〉은 아스팔트 플랜트 콜드빈 골재로 현장 배합설계된 아스팔트 혼합물의 배합설계 기준 입도와 배합설계된 입도를 허용오차를 고려한 입도관리 상한과 하한 내에 나타내었다.

배합설계 시와 현장에 포설된 입도차의 허용기준은 한국도로공사 『전문시방서 2004』의 현장배합 허용오차 범위기준을 적용하여 현장입도를 분석하였다.

〈그림 2.8〉은 아스팔트 혼합물의 배합설계 시와 포설된 아스팔트 혼합물의 입도분석 결과 배합설계 시와 시공 후 포설된 아스팔트 혼합물의 입도차가 크게 나타나지 않음을 알 수 있다. 골재크기 25mm와 20mm 골재는 현장배합 허용오차 100% 이상 만족하는 것으로 나타났으며, 골재크기 10mm와 5mm 골재는 현장배합 허용오차를 75%~100% 정도 만족하는 것으로 나타나 골재입도의 배합설계 시와 현장에 포설된 입도 차이가 없는 것으로 나타났다. 골재크기 2.5mm~0.3mm 골재는 현장배합 허용오차를 75%~100% 정도 만족하는 것으로 나타났으며, 골재크기 0.15mm와 0.08mm 골재는 현장배합 허용오차를 75%정도 만족하는 것으로 나타났다. 전체적으로 골재입도의 오차가 없는 것으로 판단되며, 이는 아스팔트 플랜트에서 사용 골재의 적정 공정관리가 철저히 이행되고 있음을 보여준다.



〈그림 2.8〉 실측값과 배합설계 시 아스팔트 혼합물의 입도변화 및 차이



〈표 2.4〉 아스팔트 혼합물의 현장배합 허용오차

구분	체크기(mm)	25	20	10	5	2.5	0.6	0.3	0.15	0.08
					(No. 4)	(No. 8)	(No. 30)	(No. 50)	(No. 100)	(No. 200)
측점수	-범의		0	0	0	0	0	0	0	0
	현장배합 오차이내	8	8	8	6	8	8	8	6	6
	+범위	0	0	0	2	0	0	0	2	2
	계	8	8	8	8	8	8	8	8	
백분율 (%)	-범의	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	현장배합 오차이내	100.0	100.0	100.0	75.0	75.0	100.0	100.0	75.0	75.0
	+범위	0.0	0.0	0.0	25.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0
	계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

3. 결론

국내 아스팔트 포장 시공현장의 입도관리 현황을 위한 전국의 대략 40개소의 시공 현장에서 시공되고 있는 87개의 표층용, 중간층용, 기층용 아스팔트 혼합물에 대해 입도를 조사하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표층(밀입도 19mm) 아스팔트 혼합물에 대한 현장오차 분석결과 설계시의 입도와 현장에 포설된 아스팔트 혼합물에서 상당한 입도차이가 발생하였으며, 특히, 골재크기 2.5mm과 0.6mm 골재는 현장배합 허용오차를 39%~46% 정도 만족하는 것으로 나타나 다른 골재입도에 비해 상당히 크게 배합설계 시와 현장에 포설된 입도가 차이가 있는 것으로 나타났다.

2. 아스팔트 플랜트 현장에서 사용되는 골재의 적정 공정관리가 이행 되지 않은 A사의 입도관리 현황은, 현장 배합설계 시 입도와 현장에 포설된 아스팔트 혼합물에서 상당한 입도차이가 발생하는 것을 확인 할 수 있다. 표층용(WC-3) 아스팔트 혼합물에 대한 조사결과, 표층용 아스팔트 혼합물 설계시 입도는 중앙에 위치한 입도분포를 나타내었으며, 골재의 입도 중 공극률에 가장 민감하게 반응하는 5mm 골재 부근에서 현장배합 허용오차를 25~50% 밖에 만족하지 못하였다.

3. 골재의 적정 공정관리가 철저히 이행된 B사는, 현장 배합설계 시 입도와 현장에 포설된 아스팔트 혼합물에서의 입도차이가 미미한 수준으로 나타내는 것을 확인 할 수 있었다. 모든 골재의 현장배합 허용오차는 75%~100%를 만족하였으며, 이는 입도관리의 개선과 아스팔트 플랜트에서 적정 공정관리가 이루어지고 있음을 나타내고 있었다.

4. 전국 40여개 현장의 표층, 중간, 기층 아스팔트 혼합물의 입도분석 결과 배합설계 시의 입도와 많은 입도 차이가 있는 것으로 나타나, 아스팔트 플랜트의 품질관리가 제대로 시행되고 있지 않음을 확인할 수 있었으며, 입도관리를 개선하고 철저히 이행한 아스팔트 플랜트 현장과 그렇지 못한 아스팔트 플랜트 현장과의 입도 차이 또한 확인할 수 있었다. 입도 관리의 개선을 위해서는 아스팔트 플랜트에서 적정 공정관리가 이루어지고, 유출량 시험을 통해 핫빈 골재의 조절이 용이하며, 생산하고자 하는 골재입도로 관리할 수 있어야 한다.

5. 입도관리 개선을 위한 방법은 다음과 같다.



- (1) 콜드빈의 입도관리는 석산에서 크러셔에 의해 생산되는 골재의 입도관리를 포함한다. 석산에서 크러싱(crushing)을 통하여 골재를 생산할 때 배합설계시에 사용된 입도와 동일한 입도 유지를 위한 최대한의 노력을 기울여야 한다. 정기적으로 크러셔와 스크린 망의 이상 유무를 점검하고 이상 발생시에는 즉각적인 조치를 해주어야 한다.
- (2) 콜드빈 골재의 입도 변동은 핫빈의 입도변동 뿐만 아니라 오버플로우(Overflow) 문제를 발생하므로, 오버플로우의 발생을 사전에 최소화하기 위해서는 콜드빈에 투입되는 골재의 입도변화 방지에 노력하고, 단립화된 골재를 사용하며 콜드빈의 유출량을 일정하게 유지할 수 있어야 한다.
- (3) 핫빈의 입도관리는 아스팔트 혼합물의 입도관리를 위해 정기적으로 핫빈에서 골재 샘플을 채취하여 체분석을 실시하여 입도 변동을 검사하여야 한다. 핫빈에서의 입도 변동은 바로 콜드빈에서 공급되는 골재의 입도 변동이나 핫스크린의 구멍 막힘 또는 파손을 의미하기 때문에 핫빈 입도의 변동이 심할 때는 핫스크린의 이상 유무를 점검하고, 콜드빈 골재에 대한 체분석 시험과 각 콜드빈의 유출량 조사를 통하여 문제를 해결하여야 한다.
- (4) 핫빈의 입도 변동이 문제가 되어 콜드빈 골재에 대한 체분석을 다시 실시하여 각 콜드빈 골재의 입도가 심하게 변동되었을 때는 원 배합설계 상의 합성입도와 동일하게 다시 입도합성을 실시한 후 콜드빈 투입비를 다시 결정하고 핫빈의 배합비 결정을 위한 현장배합을 다시 실시하여야 한다.

감사의글

본 연구는 국토해양부 수탁과제인 “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안연구 “과제 중” 아스팔트 포장의 재료생산 품질관리 정립연구 “의 일부 연구결과 입니다.

참고문헌

- 1. 국토해양부 (2008) “한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안연구” , 아스팔트 포장의 재료생산 품질관리 정립 연구보고서
- 2. 이광호, 옥창권 (1996), “골재입도 변화에 따른 아스팔트 혼합물 개선 연구” , 한국도로공사 연구보고서