



국내 아스팔트 포장 도로의 시공 품질관리 현황

The Quality Control Management of Asphalt Concrete Pavement in Korea

김지선* 박태순** 진정훈*** 조명환****
 Gim, Ji-seon Park, Tae-soon Jin, Jung-hoon Cho, Myung-hwan

1. 서론

유럽 및 미국 등 포장기술 선진국에서는 시공이 완료된 도로를 평가할 수 있는 성능중심의 기준을 마련하고 있으며 시공이 완료된 포장의 시공 품질, 포장의 공용수명, 시공 결과의 책임소재 등에 있어서 큰 효과를 얻고 있다. 그러나 국내의 경우 도로 포장 분야에 많은 건설비용이 사용되고 있지만, 포장의 시공 품질에 대한 평가가 부족한 실정이며, 국내 도로 포장에도 성능 기준 향상 및 비용절감 효과 등을 위한 품질보증제도 개선의 필요성이 대두되고 있다. 따라서 본 연구에서는 전국의 신설 도로 중 아스팔트 콘크리트 포장도로의 시공 품질관리 현황에 대한 자료를 수집·분석 하고 표층시공이 완료된 구간의 배합설계 자료를 추적조사 하고자 한다. 그리고 현장에 포설된 아스팔트 콘크리트의 시공 품질을 평가하기 위하여 현장에서 채취된 시료의 실내시험을 수행하고, 추적조사된 자료와 실내시험 결과에 대하여 비교분석 하고자 한다.

2. 국내외 아스팔트 포장의 품질관리 현황

2.1 국내

‘도로포장설계시공지침(건설부, 1991)’에서는 계획(P: Plan), 실시(D: Do), 검사(C: Check), 조치(A: Action)의 4단계로 구분하고 통계적 품질관리 방법(관리도법, x-R관리도법, 공정능력도법 등)을 사용하여 도로 포장의 품질관리를 수행하도록 하고 있다. 이때, 평가는 사용재료나 배합설계, 시공 품질에 대한 검증 값이 시방서 및 기타에 정해진 품질을 만족하는지 확인하게 되며, 수행 결과가 <표 1>의 평가기준에 부합하지 못하면 당초 계획을 변경하여 반복 진행하게 된다.

<표 1> 품질 및 규격 기준(건설교통부, 2003)

구 분		기 준 치	비 고
다짐도(%)		96 이상	
두께(%)		(-5) ~ (+10) 이내	
폭(cm)		(-2.5) 이내	
평탄성 PrI (cm/km)	일반도로	토공부 : 10 이하 / 교량접속부 : 20 이하	일반도로란 확장 및 시가지도로를 제외한 도로임
	확장 및 시가지 도로	토공부 : 16 이하 / 교량접속부 : 24 이하	

* 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 연구원 · 공학석사 · 02-2050-6244(white6816@empas.com)
 ** 정회원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · 02-970-6506(tpark@snut.ac.kr)
 *** 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 수석연구원 · 공학박사 · 02-2050-6279(jinrino@paran.com)
 **** 정회원 · (주)도화종합기술공사 기술개발연구원 선임연구원 · 공학박사 · 02-2050-6226(dragonjo@dohwa.co.kr)



2.2 국외

미국의 도로연방청(Federal Highway Administration, FHWA)에서는 도로의 품질관리 향상을 목적으로 1995년 제정된 규정 “Quality Assurance Procedures for Construction(23CFR637)” 에 의거하여 2000년 6월 29일부터 품질보증에 필요한 현장 샘플링과 시험에 관계된 시험기술자의 자격조건을 명시하고 있다. 이 규정에 의거하여 각 주정부의 교통국은 여러 해 동안 시험 기사들에 대한 교육 및 인증 프로그램을 수립하여 추진하고 있으며, 상당한 효과를 도출하고 있는 것으로 알려져 있다(TRB, 2005).

네델란드 등 유럽의 경우를 살펴보면, 아스팔트 콘크리트 포장공사가 끝나고 나면 발주기관은 포장층의 두께, 평탄성 그리고 다짐도를 조사한다. 일반적으로 포장체의 다짐도는 기준밀도에 대한 현장의 코어 공시체의 평균밀도로 평가한다(건설교통부, 2004). 일본의 경우는 도로보전센터에서 아스팔트 콘크리트 혼합물의 생산공장에 대한 인증제도를 운영하고 있다. 그리고 도로포장과 관련한 다짐관리기사, 포장기사, 기술사 등의 여러 전문 자격증제도를 운영하고 있으며, 도로포장에 대한 다양한 기술기준 등이 제시되어 있다(건설교통부, 2005).

3. 현장의 품질관리 현황조사

3.1 자료수집 현장 선정

아스팔트 콘크리트 포장의 품질관련 현장 자료의 수집을 위하여 각 지방국토관리청의 도로건설 현장 증표층 시공이 진행 중 이거나 완료예정인 현장을 조사하였고 조사 결과로부터 본 연구에 부합되는 조건의 5개 현장을 선정하였다. 선정된 현장의 대략적인 위치는 <그림 1>과 같다.

3.2 배합설계 자료의 추적조사 결과

선정된 현장에 대하여 아스팔트 콘크리트 포장에 포설된 혼합물이 품질을 확인하기 위하여 배합설계 자료의 추적조사를 수행하였으며, 조사결과는 <표 2>에 정리하였다. <표 2>를 살펴보면 선정된 5개 현장 모두 시방기준에 만족하는 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.



<표 2> 현장 아스팔트 혼합물 시험결과

구분	설계입도	설계두께 (cm)	안정도 (N)	흐름값 (1/100cm)	공극율 (%)	밀도 (gf/cm ³)	AP함량 (%)
기준	-		7,500 이상	20~40 이상	3~6 이상	-	4.5~7.0
A	밀입도 13mm	5	13,722	29.8	3.9	2.411	5.0
B	밀입도 19mm	5	9,790	32.0	4.5	2.318	5.4
C	밀입도 19mm	5	10,550	33.5	3.7	2.403	5.3
D	밀입도 19mm	5	11,307	40.3	3.1	2.375	5.1
E	밀입도 13mm	5	9,128	29.0	4.8	2.319	5.8

<그림 1> 준공 도로포장 현장

4. 실내시험

아스팔트 포장의 품질 평가를 위해서 KS F 3151 “랜덤 샘플링 방법” 과 KS F 2350의 “아스팔트 포장 혼합물의 시료 채취 방법” 에 따라 가열 아스팔트 혼합물 시료와 코어 시료를 채취하였다. 시료는 혼합물을 트럭에 적재된 상태에서, 페이퍼가 지나간 뒤 포설면 위에서 각각 40kgf 채취하였으며 코어는 포장 완료 24시간 후에 채취하였다.



〈그림 2〉는 혼합물 채취 모습과 채취된 코어의 사진이다.



〈그림 2〉 아스팔트 혼합물 채취 및 채취된 아스팔트 코어 시료

4.1 실내시험 및 결과 분석

4.1.1 마찰안정도 시험 결과

현장에서 채취된 시료에 대한 마찰안정도 시험을 포설되기 전 운반트럭에서 채취된 시료(I)와 페이퍼 통과 후 채취된 혼합물(II)로 구분하여 수행하였으며 시험결과를 표 3에 정리하였다. 배합설계로부터 얻어진 마찰안정도 시험값(표 2)과 표 3의 시험값을 비교한 결과 현장 배합설계 자료와 실내시험 값은 대체적으로 유사한 결과를 보여주고 있다. 그러나 C현장의 경우 C-Ⅱ 시료의 흐름값이 C-Ⅰ 시료에 대한 시험결과 보다 2배 이상 큰 것으로 나타났다. 만약 C-Ⅱ의 흐름값만을 품질관리자료로 활용한다면, C현장은 품질관리기준을 만족하지 못하는 것으로 판별된다. 그러나 C현장에 대한 휠트레킹의 동적안정도 값을 살펴보면 C-Ⅰ 시료나 C-Ⅱ 시료의 결과값의 차이가 크지 않으며, 두 시료 모두 동적안정도에 대한 품질기준 만족하는 것으로 판별된다. 소성변형에 대한 판별기준으로 사용되는 흐름값과 동적안정도에 대한 C현장의 시험결과와의 차이는 혼합물 자체의 문제라기 보다 시험시 현장여건 등의 영향을 받았을 것으로 사료된다. 그리고 B현장과 E 현장의 경우 흐름치는 품질관리기준을 만족하지만 동적안정도는 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

〈표 3〉 실내 시험결과

구 분	A		B		C		D		E		
	A-Ⅰ	A-Ⅱ	B-Ⅰ	B-Ⅱ	C-Ⅰ	C-Ⅱ	D-Ⅰ	D-Ⅱ	E-Ⅰ	E-Ⅱ	
안정도(N)	10,992	11,013	9,059	8,549	13,257	13,750	10,128	12,616	9,551	7,961	
흐름값(1/100cm)	35.0	30.0	25.0	28.0	66.0	30.0	30.0	41.0	29.0	28.0	
휠트레킹	동적안정도 (회/mm)	1,698	1,728	524	455	2,052	1,844	2,303	2,710	664	510
	변형속도 (mm/min)	0.0247	0.0243	0.0813	0.0933	0.0205	0.0228	0.0183	0.0155	0.0651	0.0847

4.2.2 포설두께 및 밀도 시험 결과

현장에서 채취한 코어 시료에 대하여 포설 두께를 측정하고 밀도시험을 수행하였다. 두께와 밀도시험은 각각 KS F 2367(2006)과 KS F 2446(2000)에 따라 시험하였으며 결과를 〈표 4〉에 나타내었다. 각 현장에서 채취된 시료에 대한 두께검토 결과 B와 E현장의 경우 품질관리 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 특히 B현장의 경우 밀도는 다른 현장 보다 작지만 두께가 오히려 크게 나타나 다짐이 덜 이루어졌을 가능성을 배제할 수 없다.



〈표 4〉 밀도 및 두께 시험 결과

구 분	품질관리 기준	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	평 균	
A	밀도 (g/cm ³)	-	2.257	2.242	2.280	2.275	2.300	2.270	2.281	2.270	2.274	2.272
	두께 (mm)	4.75~5.5	53.4	49.6	50.5	47.7	48.2	49.3	50.2	51.4	48.6	49.9
B	밀도 (g/cm ³)	-	2.176	2.178	2.179	2.206	2.230	2.194	2.212	2.165	2.163	2.189
	두께 (mm)	4.75~5.5	65.2	55.9	58.8	56.4	61.2	60.2	59.8	64.7	60.6	60.3
C	밀도 (g/cm ³)	-	2.228	2.236	2.219	2.235	2.264	2.214	2.193	2.221	2.228	2.226
	두께 (mm)	4.75~5.5	53.5	52.5	52.8	52.2	55.4	54.7	54.3	54.7	52.9	53.7
D	밀도 (g/cm ³)	-	2.295	2.306	2.293	2.298	2.287	2.302	2.283	2.297	2.275	2.293
	두께 (mm)	4.75~5.5	54.7	54.35	52.2	54.7	51.35	52.7	54.25	52.55	52.45	53.3
E	밀도 (g/cm ³)	-	2.214	2.262	2.236	2.157	2.220	2.170	2.232	2.219	2.198	2.212
	두께 (mm)	4.75~5.5	44.5	49.6	47.9	44.3	48.0	38.6	51.6	50.2	38.9	46.0

4.3.3 연소법에 의한 아스팔트 추출시험

아스팔트 골재의 입도와 아스팔트 바인더의 함량의 측정을 위하여 아스팔트 추출시험(Ignition 방법)을 실시하였다(〈표 5〉). Ignition 방법은 500℃의 고온에서 아스팔트를 태워 날리는 방법이다(J.D. Antrim and H.W. Busching, 1969). 분석결과, 모든 현장의 입도가 기준에 대체적으로 만족하는 것으로 나타났으나 각 혼합물별로 일부 체에서 기준치가 벗어나기도 하였다.

〈표 5〉 역청함유량 및 입도

현 장	역청함유량 (%)	아스팔트 추출 후 입도(통과 무게 백분율, %)									
		25mm	20mm	13mm	5mm	2.5mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	0.08mm	
A	배합설계	5.0	100	99.6	81.7	45.4	28.5	17.8	9.5	6.9	4.7
	실내시험	4.9	100	99.0	80.0	63.0	30.0	19.0	11.0	7.0	5.0
B	배합설계	5.4	100	99.3	80.2	55.0	35.7	16.0	11.6	8.4	4.4
	실내시험	5.9	100	100	99.0	63.0	43.0	22.0	14.0	7.0	5.0
C	배합설계	5.3	100	99.4	83.8	57.5	42.9	21.3	14.3	9.1	6.7
	실내시험	4.9	100	99.0	80.0	63.0	30.0	19.0	11.0	7.0	5.0
D	배합설계	5.1	100	96.9	81.2	54.9	39.2	21.2	15.9	7.7	4.7
	실내시험	5.1	100	100	86.0	6.0	43.0	25.0	17.0	12.0	6.0
E	배합설계	5.8	100	100	99.1	64.4	47.2	19.6	11.1	8.7	6.4
	실내시험	5.8	100	100	100	78.0	50.0	21.0	15.0	10.0	5.0



5. 결론

현장에서 수집한 아스팔트 콘크리트 혼합물의 배합설계 자료와 현장에 포설된 아스팔트 콘크리트 혼합물의 실내시험 결과를 비교, 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 마찰안정도 시험결과 C현장의 경우 흐름값이 배합설계 자료와 실내시험 결과가 약 2배 이상 차이나는 것으로 나타났다. 그러나 휠트레킹의 동적안정도 값을 살펴보면 C-I 시료나 C-II 시료의 결과값의 차이가 크지 않으며, 두 시료 모두 품질기준 만족하는 것으로 판별된다. 이것은 혼합물 자체의 문제라기 보다 시험시 현장여건 등의 영향을 받았을 것으로 사료된다.
2. 두께측정 결과 B와 E현장의 경우 품질관리 기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 특히 B현장의 경우 밀도는 다른 현장 보다 작지만 두께가 오히려 크게 나타나 다짐이 덜 이루어 졌을 가능성을 배제할 수 없다.
3. 입도 분석결과 실내시험 결과값과 배합설계시 입도값이 차이를 나타냈는데 이는 다짐시 발생한 골재의 파단 때문인 것으로 사료되어 진다.
4. 아스팔트 포장 시공은 아스팔트 혼합물의 운반 및 포설, 다짐을 모두 포함하므로 품질관리 기준을 적용하고 평가할 때는 여러 가지 복합적인 영향을 고려해야만 한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설교통R&D 정책 인프라사업의 일환인 “국내 아스팔트 포장의 시공 품질관리 상태분석(06 기반구축 A01)” 연구결과의 일부입니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설부(1991), 도로포장설계시공지침 p146~160
2. 건설교통부(2004), 한국형 포장설계법 개발과 포장 성능개선 방안 연구 : KPRP-요약-04, pp.H-1~40
3. 건설교통부(2003), 도로공사표준시방서
4. 건설교통부(2005), 한국형 포장설계법 개발과 포장성능 개선방안 연구 : KPRP-05-b3, pp. B3-13~17
5. Antrim J.D. and Busching H.W.(1969), “Asphalt content determination by the ignition method”, Bituminous Materials and Mixes, Highway Research Record, No. 273.
6. Transportation Research Board(2005), “State Construction Quality Assurance Programs”