

아스팔트 저소음 포장의 개발 및 공용성 평가

Noise reduction of Asphalt Concrete Pavement : Techniques and their performance evaluation

옥 창 권 Ock, Chang Kwon
김 진 환 Kim, Jin Hwan
이 종 섭 Lee, Jong Sup

정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 포장연구팀 · 선임연구원 (E-mail : ock@ex.co.kr)
정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 포장연구팀 · 선임연구원 (E-mail : kimtopia@ex.co.kr)
정회원 · 한국도로공사 도로교통연구원 포장연구팀 · 연구원 (E-mail : jura79@ex.co.kr)

ABSTRACT

Porous pavements can provide road users with beneficial characteristics such as skid resistance and surface water drainage under rainy condition, and they cause less tire-road noise than conventional hot mix asphalt(HMA) pavements. However, voids of porous pavements are easily clogged by road debris at early stages, which leads to frequent maintenance works. Therefore, this study focused on the way of minimizing void clogging in porous pavements. During mixture design, the quantity of coarse aggregate has been increased to form many straight void conduits (SVCs) in porous HMAs. These SVCs were found to be effective resisting the void clogging problems. Four different porous HMAs(19mm, 13mm, 10mm, and 8mm) were developed and placed on highway roads. Their performances were validated with field tests during the past four years.

KEYWORDS

porous, field permeability test, skid resistance test, traffic noise

요지

배수성 포장의 장점은 우천시 운전자에게 노면의 배수 기능과 타이어 노면의 마찰저항성과 같은 효과를 증대 시켜 일반 밀입도 아스팔트 혼합물에 비해 타이어 노면 소음을 감소시키는 효과를 제공 해준다. 그러나, 배수성 포장은 공용 후 노면의 공극 막힘 현상 등으로 인하여 주기적인 유지보수 작업이 동반된다. 그러므로 본 연구를 통해 개발된 저소음포장의 공극 형성은 굵은골재의 비율을 높여 공극형성을 직선화하여 투수 및 공극막힘 등을 최소화 하도록 하였다. 본 연구를 통해 개발된 저소음포장인 19mm, 13mm, 10mm, 8mm 저소음포장은 현재 4년이 공용된 상태에서 양호한 포장상태를 보여주며, 투수성능은 신설수준인 투수성능을 유지하고 있으며, 미끄럼 저항성도 만족하는 우수한 공용성을 나타내고 있다.

핵심용어

저소음포장, 현장투수시험, 미끄럼 저항성, 교통소음

1. 서론

본 연구는 기존의 배수성포장의 장점인 우천시 신속한 배수를 통하여 포장 노면의 수막형성을 방지함으로써 주행안전성을 향상시키고 소음을 감소시키는 효과를 더욱 개선하고 기존의 배수성포장의 문제점인 공용후 약 3년 정도 시점에서 발생하는 공극막힘에 의한 성능저하 문제를 개선하여 소음감

소효과가 탁월하고 미끄럼 저항성이 우수하며 공극막힘 현상을 방지하여 내구성능이 우수하며 기능이 탁월한 저소음포장을 개발하기 위하여 수행하였다.

본 연구를 통해 기존 우수의 포장내 수평배수를 목적으로 하는 일반 밀입도 골재를 활용하여 배수성 혼합물을 생산하는 입도기준을 개선하여 국내에 보급되어 활용중인 SMA용

골재를 활용하여 보다 입도의 변화를 용이하게 할 수 있고, 배수기능에 추가하여 소음저감 효과가 우수한 저소음 포장용 4종류(19mm, 13mm, 10mm, 8mm) 입도를 개발하였으며, 개발된 저소음포장의 시험시공을 통해 주행차량의 소음 감소 효과, 미끄럼 저항성, 투수성을 장기적으로 평가하여 저소음포장, 배수성포장, 밀입도 포장, SMA포장 및 콘크리트 포장과의 장기 공용성을 평가하였다.

2. 저소음 포장의 입도 개발

본 연구에서는 굵은골재 최대치수 19mm, 13mm, 10mm, 8mm의 저소음 포장 혼합물의 물성시험을 통해 다양한 골재최대치수에 따른 저소음 포장의 실무 적용에 가장 적합한 저소음 포장의 입도를 개발하였다.

기존 배수성 포장은 포장내 공극형성이 불규칙적으로 형성되어 있으나 본 연구를 통해 개발된 저소음포장의 공극 형성은 굵은골재의 비율을 높여 공극형성을 직선화하여 투수 및 공극막힘 등을 최소화 하도록 하였다. 기존 배수성 혼합물 입도기준과 본 연구를 통해 개발된 저소음포장 입도기준을 표 1에 나타내었다.

그림 1~그림 2는 기존 19mm, 13mm, 배수성 입도와 개발된 저소음포장 19mm와 13mm 입도기준을 나타내었으며, 기존입도에 비해 전체적으로 조립의 입도분포로 구성하였다. 그림 3은 개발된 저소음포장 10mm 입도기준과 미국 FP-96의 마모성 개념의 OGFC입도를 비교한 것으로 FP-96입도에 비해 조립의 입도분포로 구성하였다. 그림 4는 개발된 10mm 저소음입도 기준과 8mm 저소음 입도기준을 비교하여 나타내었다.

표 1. 배수성혼합물의 기존 및 신규 입도기준

종류	기존 배수성포장				개발된 저소음포장							
	19mm		13mm		19mm		13mm		10mm		8mm	
체크기	19mm	100	13mm	100	19mm	100	13mm	100	10mm	100	8mm	100
25	100	100	-	-	100	100	-	-	-	-	-	-
20	100	95	100	100	100	93	100	100	-	-	-	-
13	78	53	100	92	65	45	100	93	100	100	-	-
9.5	62	35	81	62	32	15	60	45	100	90	100	100
4.75	31	10	31	10	14	4	15	5	22	8	25	10
2.36	21	10	21	10	10	3	12	4	17	6	20	8
0.6	17	4	17	4	8	2	9	3	10	4	12	5
0.3	12	3	12	3	7	2	8	2	9	3	10	4
0.15	8	3	8	3	6	1	6	2	8	2	8	3
0.075	7	2	7	2	5	1	5	2	6	2	7	3

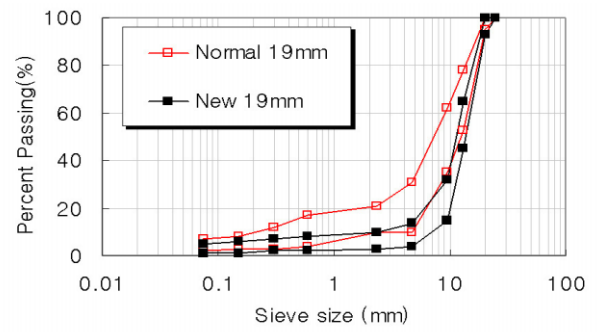


그림 1. 배수성 및 저소음입도 비교 (기존 및 신규 19mm)

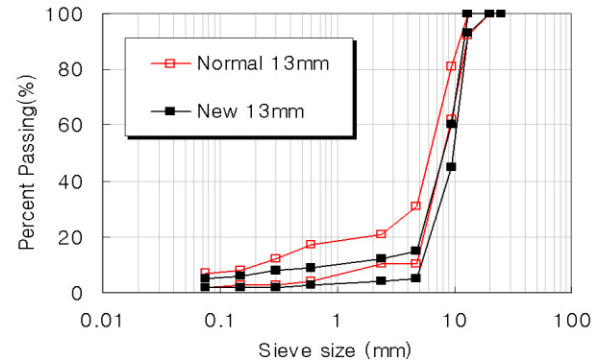


그림 2. 배수성 및 저소음입도 비교 (기존 및 신규 13mm)

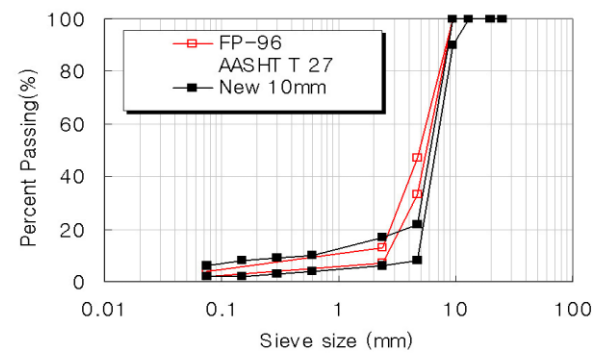


그림 3. 저소음입도 비교 (신규 10mm와 미국 FP-96)

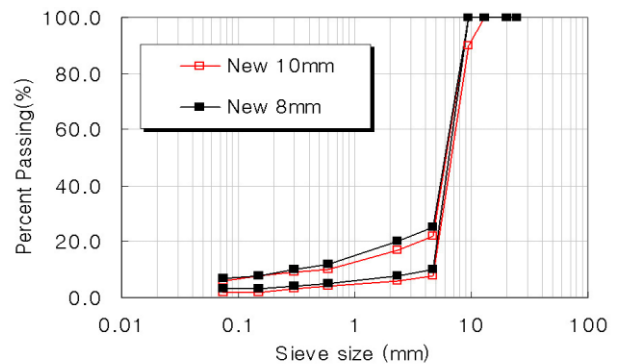


그림 4. 저소음입도 비교 (신규 10mm 및 신규 8mm)

3. 시험시공

3.1. 개요

- (1) 위치 : 중부고속도로 262km~263km 구간
- (2) 연장 : L = 700M(상·하행, 1·2차로 및 길어깨)
- (3) 포장폭 : 1·2차로 - 3.6M, 길어깨 - 3M
- (4) 포장형태 : 저소음포장
 - 가. 표층 4cm(저소음포장 혼합물 - 19, 13, 10, 8mm의 4종류)
 - 나. 불투수 아스팔트혼합물층 4cm(내유동성 혼합물, WC - 6입도)
- (5) 시험시공일 : 2004.10.13~2004.10.20

3.2. 배합설계 및 현장혼합물 물성치

본 시험시공에서는 개발된 19mm, 13mm, 10mm, 8mm의 골재의 합성입도를 시험시공에 적용하였다. 금번에 개발하여 적용된 저소음 포장용 입도는 기존의 시방서에 기재된 배수성포장 19mm와 13mm 입도 혼합물에 비하여 내구성을 증가시켜 저소음 포장의 수명을 연장시키고 소음 저감효과를 증대시키기 위하여 개발되어 시공되었다. 금번에 개발된 저소음 포장의 특징은 미끄럼 저항성과 소음 저감효과 증진을 위하여 굵은 골재의 함량을 증가시켰으며, 내구성과 포장 수명을 증진시키기 위하여 아스팔트 함량을 높이고 이러한 높은 아스팔트 함량에 기인한 고점도의 아스팔트 바인더가 흘러내리는 현상을 방지하기 위하여 식물성섬유(셀룰로오스화이버) 0.5%를 첨가하는 방식을 적용하였다. 또한 기존의 콘크리트 포장을 4cm 절삭하고 반사균열에 대한 저항성 향상과 우수의 침투에 기인한 하부 콘크리트 포장체의 열화현상을 억제하기 위하여 하부에 소성변형에 대한 저항성이 우수한 내유동성(WC-6) 혼합물을 시공한 후 역청고무계 유제로 텍코팅을 실시하여 불투수층을 형성시킨 후 4cm의 저소음 포장을 시공하였다.

본 시험시공에 적용된 모든 아스팔트 혼합물에 대한 입도를 표 2에 나타내었고, 다양한 골재최대치수에 따른 다양한 입도의 저소음포장을 개발하기 위하여 4종류의 저소음 포장 입도를 달리하여 적용하였으나, 그림 5에서 볼 수 있는 것처럼 현장의 골재 수급 여건상 10mm와 8mm의 경우는 골재최대치수는 다르지만 골재의 입도 구성이 거의 유사한 결과로 나타났다. 이러한 요인으로 인하여 실제 10mm와 8mm 저소음 포장의 경우 유사한 소음 감소 특성이 나타나는 것으로 분석되었다.

저소음포장과 밀입도(WC-6) 혼합물의 배합설계 결과 결정된 아스팔트 함량(OAC)에 대한 혼합물의 물성치를 표 2에 나타내었으며, 저소음포장과 밀입도(WC-6) 혼합물의 배합설계 결과 결정된 아스팔트 함량(OAC)에 대한 혼합물의 물성치를 표 3에 나타내었다.

표 2. 저소음 및 밀입도(WC-6) 혼합물의 입도

종류	체크기	25mm	19mm	13mm	10mm	No.4	No.8	No.30	No.50	No.100	No.200
		저소음	19mm	100.0	100.0	63.6	23.3	7.6	6.1	4.6	4.3
	13mm	100.0	100.0	96.7	56.8	8.9	7.0	4.7	4.1	3.7	2.9
	10mm	100.0	100.0	100.0	99.8	12.5	8.4	6.3	5.5	5.0	3.8
	8mm	100.0	100.0	99.9	99.9	14.4	8.1	5.9	5.2	4.7	3.8
밀입도	WC-6	100.0	100.0	98.1	74.9	37.4	28.3	15.1	11.7	8.2	5.2

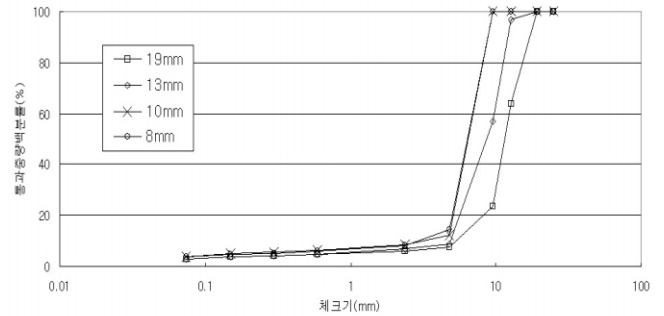


그림 5. 시험시공에 적용된 4종류의 저소음 포장 혼합물의 입도비교

표 3. 시험시공에 적용된 저소음 포장과 WC-6 혼합물의 실내 배합설계 결과 물성치

구분	OAC AP함량 (%)	실측밀도 (g/cm ³)	공극률 (%)	포화도 (%)	골재 공극률 (%)	
저소음포장	19mm	5.3	1.962	20.9	32.6	23.3
	13mm	5.5	1.964	20.8	33.6	31.3
	10mm	5.8	1.948	21.1	34.3	32.0
	8mm	6.0	1.942	21.1	35.0	32.4
내유동성 WC-6	4.8	2.408	4.0	73.5	15.3	

현장에 포설된 혼합물에 대한 소성변형 저항성을 검토하기 위하여 휠트래킹 시험을 실시하였으며, 휠트래킹 시험은 실제 포장체가 받는 교통 하중을 모사하는 시험으로 아스팔트 혼합물의 소성변형에 대한 저항성을 가장 잘 나타내는 값으로 알려져 있다. 그러나 휠트래킹 시험은 시편에 가해지는 구속응력을 조절할 수 없고 시편하부의 반력도 조절할 수 없어 실제현장에 발생하는 응력 상태를 그대로 재현하기 힘들다는 단점이 있다. 휠트래킹 시험은 크기가 30×30×5cm인 정사각형 시편을 60℃의 고온에서 6.4kg/cm²의 차륜 접지압을 사용 수행하며, 차륜의 왕복횟수는 1,280회(약 1시간)이다. 휠트래킹 시험 결과는 동적안정도(회/mm)로 표현되는데 이는 혼합물에 1mm의 소성변형을 유발할 때까지의 윤하중 통과횟수를 나타내며, 동적안정도 값이 클수록 소성변형에 대한 저항성이 우수한 것으로 판정된다.

표 4. 현장포설된 혼합물에 대한 휠트래킹 시험결과(동적안정도)

혼합물종류	시험횟수	1	2	3	평균	
		저소음	19mm	2,250		2,739
		13mm	2,625	1,800	2,625	2,812
		10mm	12,600	9,000	7,875	7,875
		8mm	10,500	10,500	10,500	10,500
내유동성	WC-6	4,200	-	-	4,200	

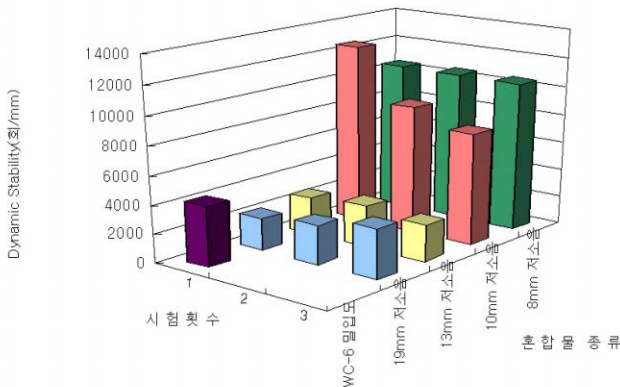


그림 6. 현장포설된 혼합물에 대한 휠트래킹 시험결과

시험 결과는 표 4와 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 보여주는 바와 같이 내유동성 밀입도 혼합물인 WC-6는 동적안정도가 4,200회/mm로 소성변형 저항성이 우수한 것으로 나타났다으며, 저소음포장의 경우 굵은골재 최대치수별 평균 동적안정도가 2,800~10,500회/mm로 나타났다. 본 시험결과에서는 굵은골재 최대치수가 작은 8mm와 10mm의 저소음포장이 높은 소성변형 저항성이 있는 것으로 나타났다.

3.3. 4종의 저소음 포장 시험시공

시험시공에 적용된 혼합물은 불투수층 형성 및 내유동성 확보를 위해 하부를 WC-6(내유동성) 입도의 혼합물로 시공을 하며, 표층은 배합설계된 혼합물을 각 차로마다 1종의 혼합물을 적용하여 총 4종의 저소음 포장용 혼합물을 표 5와 같이 배치하였다. 단, 길 어깨는 우수한 신속한 배수와 시공

표 5. 시험시공시 적용된 혼합물 배치

구분	연장 (M)	포장 폭 (M)	포장두께 (cm)	포장종류	비고
상행	1차로	700	3.6	4	10mm 저소음
	2차로	"	3.6	4	19mm 저소음
	길 어깨	"	3.0	4	19mm 저소음
하행	1차로	"	3.6	4	8mm 저소음
	2차로	"	3.6	4	13mm 저소음
	길 어깨	"	3.0	4	13mm 저소음
기층	전 단면의 기층은 내유동성(WC-6입도) 혼합물로 동일시공				



8mm 저소음 포장

10mm 저소음 포장



13mm 저소음 포장

19mm 저소음 포장

그림 7. 저소음 포장 표면 조직 비교

성 등을 고려해 최 외측 차로의 동일한 혼합물로 시공하였다. 그림 7은 시공 후 차로별 시공한 4종의 저소음 포장의 표면 상태와 표면조직을 골재최대치수별로 나타내었다.

4. 저소음 포장 공용성 조사

4.1. 조사대상 구간

국내에 배수성포장은 1996년에 중앙지선(7.5K~7.7K)에 시험시공을 통해 처음 국내에 소개되어 초기에는 우수한 포장 내 배수를 목적으로 하는 배수성 포장에 초점을 맞추어 연구가 진행되었으나, 최근 들어 도로주변 거주민의 교통소음 발생으로 인한 소음발생관련 민원이 증가하고 있는 상황이며, 이를 근본적으로 대처할 수 있는 포장면의 소음을 감소시킬 수 있는 방법으로 배수성포장보다 소음을 감소시킬 수 있는 저소음포장의 연구를 수행하였다. 그래서 기존에 시험시공된 배수성 포장 및 저소음포장에 대한 추적조사를 3년 동안(2006년~2008년) 실시하여 배수성포장의 내구성, 소음감소, 투수 및 미끄럼저항성 등을 평가하였다. 조사대상 구간은 표 6과 같다.

표 6. 저소음 포장 공용성 조사대상 구간

포장종류	위 치	시공 일시	공용기간		
			현장투수	소음측정	미끄럼조사
밀입도	중부선(양방향) 262~262.7K	'04	-	4년	-
	마산외곽선(순천방향) 0.1~0.3K	'01	-	7년	-
	남해선(순천방향) 133.4~133.6K	'01	-	7년	-

<표 계속>

배수성	중앙지선(양방향) 7.5~7.7K, 양산JCT	'96	11년	10년	-
	마산외곽선(순천방향) 0.1~0.3K	'01	7년	7년	-
	남해선(순천방향) 133.4~133.6K	'01	7년	7년	6년
저소음	중부선(양방향) 262~262.7K	'04	4년	시공직후, 4년	3년
	통영-진주선(양방향) 38.0~38.2K	'05	3년	1년	2년
SMA	경부선	'05	-	3년	2년
	통영-진주선(양방향) 38.0~38.2K	'05	3년	3년	2년
콘크리트	통영-진주선(양방향) 38.0~38.2K	'05	3년	3년	2년
	남해선(순천방향) 133.4~133.6K	'01	7년	7년	6년
	중부선(양방향) 262~262.7K	1987	4년	21년	20년
	경부선	'05	-	3년	-

4.2. 현장 투수시험

현장에서 배수성 포장의 투수 성능을 평가하기 위해 투수 시험을 실시하는데 현장에서 정확한 투수계수를 측정하기는 어려움으로 투수시간을 측정하여 적정한 투수가 이루어지는가를 평가하는 현장투수시험기를 사용하였으며 배수성포장의 현장 투수성능 기준은 물 400cc가 10초 이내에 포장내 투수되어야 한다.

기존 배수성포장으로 시험시공된 중앙지선(7.5K~7.7K), 마산외곽선(0.1~0.3K), 남해선(133.4~133.6K) 및 본 연구성으로 개발된 저소음포장으로 시험시공된 중부선(262~262.7K)과 통영-진주선(38.0~38.2K)의 저소음포장에 대한 추적조사를 3년 동안(2006년~2008년) 실시하여 기존 배수성포장과 개발된 저소음포장에 대한 투수성능을 평가하였다. 공용년수에 따른 기존배수성포장과 본 연구를 통해 개발된 저소음포장의 현장투수 측정결과를 표 7과 그림 8에 나타내었다. 기존 배수성포장의 경우 공용년수가 7년~11년 경과된 포장으로 배수성포장의 현장투수시간 기준은 10초를 모두 초과하는 것으로 나타났다. 본 연구를 통해 개발된 저소음포장의 공용년수는 3년~4년이 경과된 포장으로 4년이 경과된 시점에서 저소음포장의 시공초기의 투수성능인 10초 이내로 투수성능을 유지하는 것을 확인할 수 있다. 이는 입도개선을 통해 개발된 저소음포장은 저소음포장내 공극을 직선화하여 미분의 먼지가 포장내부로 침전되는 것을 최소화하고, 저소음포장 표면의 공극 막힘 현상을 최소화하여 내구성을 증진시킨 결과로 판단할 수 있다.

표 7. 현장 투수시험 측정 결과

포장종류	투수시간(초)		
	차륜부	비차륜부(차로중앙)	
개발된 저소음포장	10mm(공용기간3년)	7.0	8.0
	8mm(공용기간4년)	7.1	6.5
	10mm(공용기간4년)	5.4	5.2
	13mm(공용기간4년)	5.8	4.9
기존 배수성포장	19mm(공용기간4년)	5.2	4.1
	공용기간 7년	22.2	25.8
		29.8	66.1
공용기간 11년	145.7	528.6	

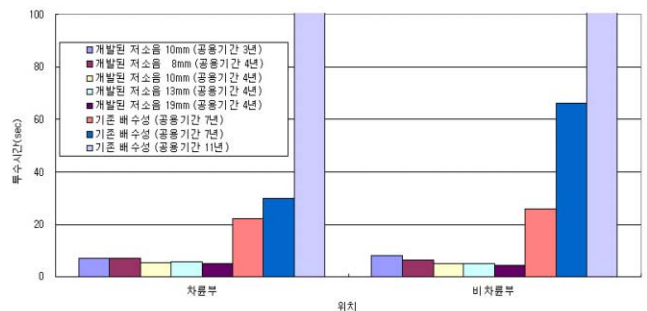


그림 8. 현장 투수시험 측정 결과

4.3. 미끄럼 저항성

미끄럼 저항성 조사는 ASTM C 274 기준의 미끄럼 상태 조사장비로 ASTM C 501 흡이 있는 타이어를 사용하였으며, 65km/h 정속 주행을 하면서 실시되었다. 미끄럼 측정은 물분사, 브레이크 작동, 구간 평균 SN 산출 및 브레이크 풀림의 과정을 5초 동안 수행하면서 데이터를 수집하였다. 미끄럼 저항성 기준(SN)은 유지보수구간에서 35 이상, 신설구간에서 50 이상이어야 한다.

공용년수에 따른 포장종류별 미끄럼 측정결과를 그림 9와 표 8에 나타내었다. 콘크리트 포장의 경우 공용년수가 증가함에 따라 미끄럼 저항성 측정치가 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 마찰력 증가를 위해 콘크리트 포장 상면에 시공된 타이닝이 반복되는 차량바퀴에 의해 마모되어 미끄럼 저항성 측정치가 감소하는 것으로 판단된다.

기존 배수성 포장의 경우 공용년수 6년된 시점에서 미끄럼 저항성 측정치가 36.8로 일반유지보수 간의 기준치 35를 만족하지만 아마도 시공이후 공용년수가 증가함에 따라 감소한 것으로 예상되며, 본 연구를 통해 개발된 저소음 포장의 경우 공용년수가 3년 경과된 시점에서 신설구간의 미끄럼 관리기준인 50이상을 유지하는 것으로 나타났다.

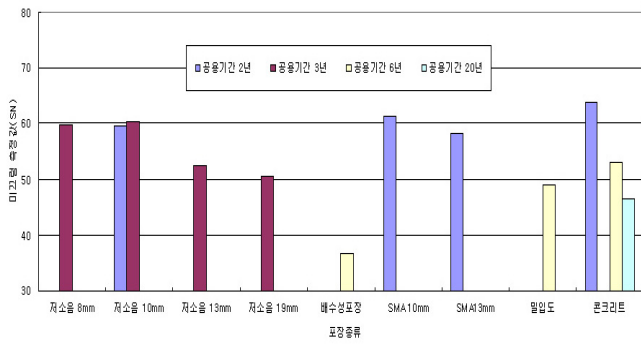


그림 9. 미끄럼 저항성 시험 측정 결과

표 8. 미끄럼 저항성 시험 측정 결과

종류	개발된 저소음포장				기존 배수성 포장	SMA 10mm	SMA 13mm	밀입도 포장	콘크리트 포장
	8mm	10mm	13mm	19mm					
공용기간 2년		59.6				61.4	58.1		63.9
3년	59.8	60.3	52.5	50.5					
6년					36.8			48.9	53.1
20년									46.4

4.4. 교통소음 측정

4.4.1. 개발된 저소음포장의 소음측정

(1) 시공직후 개발된 저소음포장의 소음측정

- 측정일시 : 2004.11.25(목)
- 측정위치 : 중부선 262.4km(이천방향)
- 조사내용 : 5분간 교통량 촬영 및 등가소음도(LEQ) 측정

(2) 타이어와 노면의 소음측정

- 측정일시 : 2004.11.24(수)
- 측정방법 : 행선별 교통차단후 차로별로 저소음 포장의 소음을 측정

본 연구를 통해 개발된 저소음포장 4종류(19mm, 13mm, 10mm, 8mm)를 중부선 262km 지점에 시험시공하고 시공직후 저소음포장 및 콘크리트 포장에 대해 교통차단을 실시하고, 소음측정용 차량을 이용하여 그림 10과 같이 타이어와 노면에서 발생하는 소음을 바퀴에 설치된 마이크로폰을 통하

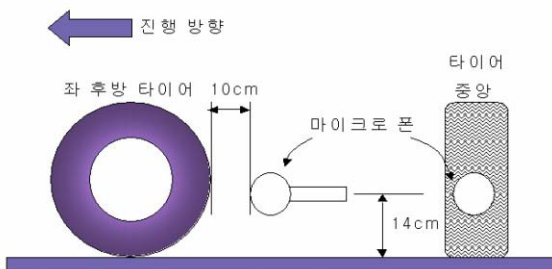


그림 10. 마이크로폰 설치 위치

여 측정하였으며, 등가소음도(LEQ)결과는 표 9와 그림 11에 나타내었다.

그림 11을 살펴보면 콘크리트 포장의 등가소음도는 8mm와 10mm의 저소음 포장을 기준으로 저속(50km/h)~고속(120km/h)에 대하여 약 10dB~16dB 정도 증가하는 것으로 나타났다.

표 9. 타이어와 노면에서의 소음측정 결과

속도 (km/h)	개발된 저소음포장				콘크리트 포장
	19mm	13mm	10mm	8mm	
50	89.9	87.8	87.2	86.9	98.1
80	95.6	94.0	92.1	92.5	106.6
100	98.4	97.1	95.4	95.8	111.7
120	101.2	99.4	98.7	97.8	114.1

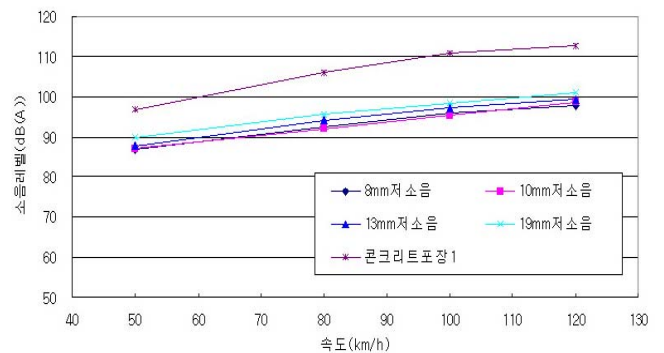


그림 11. 타이어와 노면에서의 소음측정

골재최대치수에 따른 4종류의 저소음포장을 살펴보면, 속도가 증가함에 따라 소음이 증가함을 알 수 있으며, 저소음포장의 굵은골재 최대치수가 클수록 소음이 크게 나타남을 알 수 있다. 저소음포장과 콘크리트 포장의 소음차이를 비교해보면, 속도가 낮은 경우는 약 11dB정도 차이를 보이며, 속도가 높은 경우는 약 16dB정도의 차이가 남을 알 수 있다. 또한, 콘크리트포장의 경우 속도가 증가됨에 따라 소음의 증가폭이 저소음포장에 비해 크게 나타났다.

속도별 저소음포장의 소음 특성을 살펴보면, 4종의 저소음포장 모두 속도가 증가함에 따라 대체적으로 선형의 소음증가를 보이며, 가장 소음이 크게 발생하는 것은 19mm 저소음포장이고, 두 번째로 13mm 저소음포장, 소음이 가장 작게 발생하는 것은 10mm과 8mm 저소음포장으로 나타났다.

타이어와 노면에서 발생한 등가소음도(LEQ)를 주파수 분석을 사용하여 시속 100km/h에서의 소음 특성을 그림 12에 나타내었다.

그림 12에서 알 수 있는 것처럼 콘크리트 포장의 경우 약 600Hz 이하에서는 저소음 포장보다 미소하게 높은 소음도를 나타내고 있으나 약 600~700Hz 이상에서 급격하게 소음도가 증가하는 것으로 나타났다.

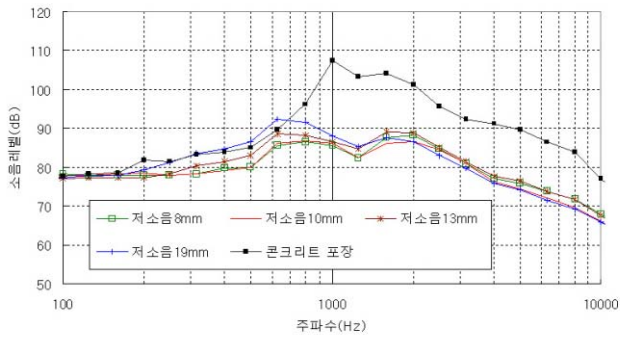


그림 12. 주파수 분석을 이용한 타이어와 노면에서 발생한 등가 소음도 분석(시속 100km/h)

이러한 특성은 인간이 가장 예민하게 느끼는 소음도의 주파수 영역 1,000~5,000Hz에서 콘크리트 포장의 소음도가 저소음 포장에 비하여 상대적으로 매우 크게 나타남으로써 인간이 느끼는 소음도는 실제적인 소음도의 차이보다 더 크게 느끼는 것으로 판단된다.

4.4.2. 공용기간에 따른 소음측정 결과

본 연구를 통해 개발된 저소음포장(중부선 262K) 시험시공 구간에 대하여 시공직후 및 공용후 4년이 경과된 시점에서 동일위치에서 갓길에서 공용중인 차량에 대해 교통소음을 측정하였다. 그림 13과 표 10은 공용년수에 따른 소음측정 결과를 나타낸다.

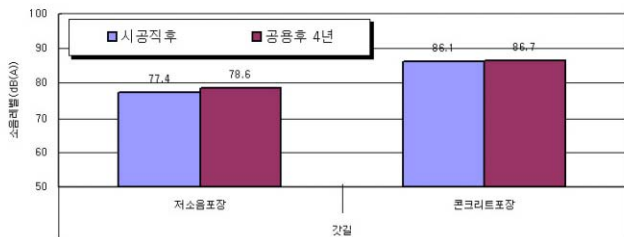


그림 13. 중부선 저소음포장의 소음측정결과 (시공직후와 공용후 4년)

표 10. 공용기간에 따른 소음측정 결과

공용기간	개발된 저소음포장	기존 배수성포장	SMA	밀입도 포장	콘크리트 포장
건설직후	77.4				86.1
3년			81.4		86.7
4년	78.6			82.7	
7년		81.4		83.2	88.2
	78.41*			83.1	
10년		81.5			
21년					87.7
평균	78.1	81.5	81.4	83.0	87.2

* 기존 배수성 입도를 개선한 배수성포장

저소음포장 시공 직후 갓길에서의 평균 소음도는 콘크리트 포장에서 86.1dB, 저소음 포장에서 77.4dB로 측정되어 저소음포장이 기존 콘크리트 포장에 비하여 8.7dB의 소음감소 효과를 나타냈음을 확인할 수 있었다. 또한, 공용후 4년이 경과된 시점에서 콘크리트 포장과 저소음포장의 소음 차이는 갓길에서 8.1dB의 소음차가 발생하는 것으로 나타났다.

그림 14는 공용년수에 따른 배수성포장과 저소음포장의 소음측정 결과를 나타내었다. 본 연구를 통해 개발되고(공용년수 4년), 기존 배수성포장 중 입도를 시험적으로 변화를 준 포장의 교통소음 측정 결과 대략 78dB정도로 측정되어 기존 배수성포장에 비해 본 연구를 통해 개선된 저소음포장이 3dB 정도 교통소음을 감소시키는 것으로 나타났다. 그림 14는 공용년수에 따른 배수성포장과 저소음포장의 소음측정 결과를 나타내었다.

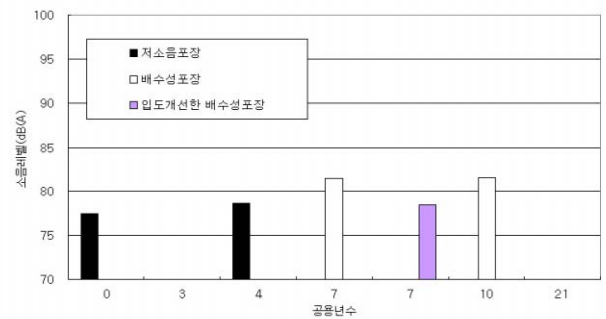


그림 14. 공용년수 변화에 따른 배수성포장과 저소음포장의 소음 측정 결과

그림 15는 공용년수에 변화에 따른 밀입도 포장과 콘크리트 포장의 소음측정 결과를 나타낸 것으로 콘크리트 포장의 경우 공용년수 3년, 7년, 21년이 경과되었지만, 주행차량의 교통소음은 87dB~88dB정도로 유사하게 나타났다. 또한, 밀입도 아스팔트 포장의 경우도 공용년수 4년, 7년의 경우 주행차량의 교통소음도 83dB정도로 유사한 결과를 보이며, 콘크리트 포장과 일반 밀입도 포장의 소음차이는 4dB~5dB 정도로 나타났다.

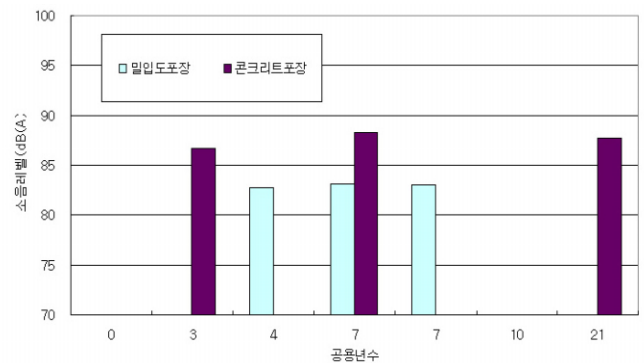


그림 15. 공용년수 변화에 따른 밀입도 포장과 콘크리트 포장의 소음측정 결과

그림 16은 공용년수 변화에 따른 본 연구를 통해 개발된 저소음포장과 콘크리트포장의 소음측정 결과를 나타낸 것으로 저소음포장이 콘크리트 포장에 비해 9dB정도 주행차량의 교통소음을 저감시키는 것으로 나타나, 저소음포장의 소음감소 효과가 탁월한 것으로 나타났다.

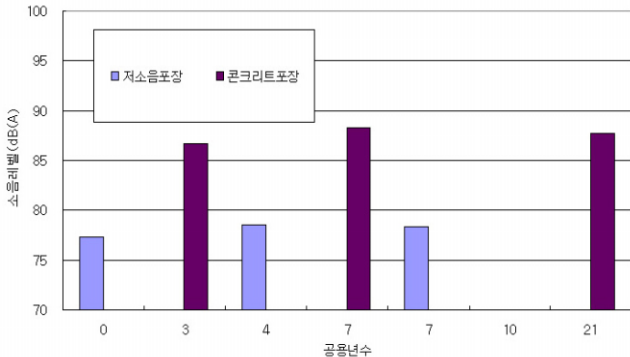


그림 16. 공용년수 변화에 따른 저소음포장과 콘크리트 포장의 소음측정 결과

5. 결론

본 연구에서는 기존 배수성 입도를 개선한 저소음포장용 시방입도를 개발하였으며, 기존에 배수성 및 본 연구를 통해 개발된 저소음포장으로 시공된 포장에 대해 2006년부터 2008년까지 3년동안 추적조사를 실시하여 공용년수 증가에 따른 포장상태, 투수성능, 미끄럼 저항성 등을 조사하였다. 또한, 주행차량에 의한 포장종류별 소음을 도로 갓길에서 측정하여 저소음포장, SMA 포장, 밀입도 포장, 콘크리트 포장의 주행차량에 의한 소음측정을 통한 종합적인 결론은 다음과 같다.

1. 개발된 저소음 포장의 특징은 국내에 보급되어 활용중인 SMA용 골재를 활용하여 보다 입도의 변화를 용이하게 할 수 있고, 배수기능에 추가하여 소음저감 효과가 우수한 저소음 포장용 4종류(19mm, 13mm, 10mm, 8mm) 입도를 개발하였으며, 미끄럼 저항성과 소음 저감효과 증진을 위하여 굵은 골재의 함량을 증가시켰으며, 내구성과 포장 수명을 증진시키기 위하여 아스팔트 함량을 높이고 이러한 높은 아스팔트 함량에 기인한 고점도의 아스팔트 바인더가 흘러내리는 현상을 방지하기 위하여 식물성섬유(셀룰로오스화이버) 0.5%를 첨가하였다.
2. 개발된 저소음포장의 시험시공 직후 타이어와 노면에서 발생하는 소음측정 결과, 콘크리트 포장과 저소음포장에서 발생하는 소음을 비교해 보면, 속도가 낮은 경우는 콘크리트 포장이 저소음 포장에 비하여 약 11dB정도 크게

나타나며, 속도가 높은 경우는 약 16dB정도 크게 나타남을 알 수 있었다. 또한, 속도별 저소음포장의 소음 특성을 살펴보면, 4종의 저소음포장 모두 속도가 증가함에 따라 대체적으로 선형의 소음증가를 보이며, 가장 소음이 크게 발생하는 것은 19mm 저소음포장이고, 두 번째로 13mm 저소음포장, 소음이 가장 작게 발생하는 것은 10mm와 8mm 저소음포장으로 나타났다.

3. 기존 배수성포장의 공용 초기에는 투수의 기능이 양호하나 공용년수가 증가할수록 주행차량의 다짐에 의해 공극막힘이 발생하는 것으로 나타났으며, 조사대상 구간에서 기존 배수성 포장은 공용기간 3년까지는 양호한 배수성능을 갖고 있으나, 공용기간이 5년 정도 경과되면, 배수성능이 상실되는 것으로 나타났다.
4. 콘크리트 포장의 경우 약 600Hz 이하에서는 저소음포장보다 미소하게 높은 소음도를 나타내고 있으나 약 600~700Hz 이상에서 급격하게 소음도가 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 인간이 가장 예민하게 느끼는 소음도의 주파수 영역 1,000~5,000Hz에서 콘크리트 포장 소음도가 저소음포장에 비하여 상대적으로 매우 크게 나타남으로써 인간이 느끼는 소음도는 실제적인 소음도의 차이보다 더 크게 느끼는 것으로 판단된다.
5. 본 연구를 통해 개발된 저소음포장(중부선 262K) 시험시공 구간에 대하여 시공직후 및 공용후 4년이 경과된 시점에서 동일위치에서 갓길에서 공용중인 차량에 대해 교통소음을 측정된 결과 저소음포장 시공 직후 갓길에서의 평균 소음도는 콘크리트 포장에서 86.1dB, 저소음포장에서 77.4dB로 측정되어 저소음포장이 기존 콘크리트 포장에 비하여 8.7dB의 소음감소효과를 나타냈음을 확인할 수 있었다. 또한, 공용후 4년이 경과된 시점에서 콘크리트포장과 저소음포장의 소음 차이는 갓길에서 8.1dB의 소음차가 발생하는 것으로 나타나 저소음포장의 소음효과가 탁월함을 확인할 수 있으며, 또한, 교통소음의 저감효과가 감소되지 않고 시공초기의 소음저감효과를 지속하는 것으로 나타났다.
6. 공용년수에 따른 기존 배수성포장과 본 연구를 통해 개발된 저소음포장의 소음측정 결과 기존 배수성포장에 비해 본 연구를 통해 개발된 저소음포장이 3dB 정도 교통소음을 감소시키는 것으로 나타났다.
7. 주행차량의 소음을 최대한 줄이기 위해 굵은골재 최대치수는 작은 것이 유리하며, 본 연구를 통해 개발된 내구성과 소음저감효과가 우수한 저소음포장의 도입으로 인해

차량이용자와 도로 주변의 주민에 의한 교통소음관련 민원에 대해 적극적인 대처가 가능할 것으로 판단된다.

참고 문헌

한국도로공사, '고속도로공사 전문시방서', 2004
한국도로공사, '고속도로 포장노면과 타이어간의 마찰음 분석 및 평가기법 연구', 한국도로공사 도로교통연구원 연구보고서, 2006
大西博文: 배수성포장의 소음저감에 관한 제특성, 자동차연구, Vol. 22, No.12, 2000
近藤升, 大西博文, 服部利周, 近藤晴彦: 배수성포장의 노면텍스처와 타이어 근접음의 관계에 대해, 일본 음향학회 강연논문집, (사)일본음향학회, 2000.9

장태순, '고속도로 방음벽 설치기준 개선연구', 한국도로공사 도로교통연구원 연구보고서, 2004

Rajib B. Mallick, Prithvi S. Kandhal, L.Allen Cooley. Jr, Donald E. Watson, 'Design, Construction, and Performance of New-Generation Open-Graded Friction Courses', NCAT Report No.2000-01, 2000

접 수 일 : 2009. 7. 14
심 사 일 : 2009. 7. 24
심사완료일 : 2009. 11. 20