



3. 보수형 배수성포장의 품질

3.1 배수성포장층의 품질

배수성포장에 사용하는 재료의 품질은 <표 1> 및 <표 2>와 같이, 우리나라 고속도로공사 전문시방서(한국도로공사)의 배수성 아스팔트포장편에 따르는 것으로 하였다.

<표 1> 배수성포장용 혼합물의 입도

구 분	입 도 기 준		시 험 치	
	최대치수 13mm	최대치수 10mm	최대치수 13mm	최대치수 10mm
20	100	-	100	-
13	92~100	100	96	100
10	62~81	95~100	72	95
5	10~31	11~35	21	28
2.5	10~21	10~20	16	19
0.3	3~12	-	8	-
0.08	2~7	3~7	5	5

<표 2> 배수성 혼합물의 품질

항 목	목표치	시험치		
		최대치수13mm	최대치수10mm	
시 방 서 기 준	안정도 (kN)	5 이상	6.65	7.21
	흐름값 (1/100cm)	20~40	39	37
	공극률 (%)	20 이상	20.3	20.2
	잔류안정도 (%)	75 이상	77.4	79.1
	투수능력 (cm/sec)	1×10^{-2} 이상	38×10^{-2}	53×10^{-2}
	동적안정도 (회/mm)	3,000 이상	3,390	3,096
기 타 시 험	밀 도 (g/cm^3)	-	2.087	2.000
	드레인다운 (%)	0.3 이하	0.18	0.16
	칸타브로 (%)	20 이하	4.7	3.1
	동결융해 (TSR, %)	75 이상	83	76
	미끄럼저항치 (BPN)	60 이상	68	65

3.2 보수성포장층의 품질

중간층에 사용한 보수성포장용 아스팔트 혼합물은 개립도형의 아스팔트 혼합물을 사용한 모체포장을 시공한 후, 그 공극 속에 보수성을 갖는 재료를 충전하는 공법이다. 아스팔트 혼합물의 골재입도는 일반 개립도를 사용하고, 혼합물의 품질은 일본 보수성포장기술연구회에서 제안한 것으로 <표 3>과 같다(2004년). 또한 보수성포장에 충전하는 보수성 시멘트 페이스트의 품질은 <표 4>와 같다.

또한, 아스팔트 혼합물에 보수성 시멘트 페이스트를 충전한 보수성 포장체의 품질은 <표 5>와 같다. <표 5>의 최대보수량, 포장온도저감량 및 동적안정도의 목표치는 참고문헌 5)에 따르는 것으로 하였다.



〈표 3〉 보수성포장용 아스팔트 혼합물의 품질

항 목	목표치	시 험 치	
		최대치수 19mm	최대치수 25mm
밀 도 (g/cm ³)	-	2.037	1.995
공극률 (%)	20~30	20.1	21.3
마찰안정도 (kN)	3 이상	9.02	9.36
흐름값 (1/100cm)	20~45	42	44

〈표 4〉 보수성 시멘트 페이스트의 품질

항 목	40% 보수형			60% 보수형		
	목표치	보통형	초속경형	목표치	보통형	초속경형
플로우 (sec)	10~14	10	10	10~14	11	10
압축강도 (kg/cm ²)	3시간	-	44	-	-	14
	1일	-	70	92	-	24
	3일	-	84	93	-	34
	7일	100 이상	115	148	30 이상	60
휨강도(7일,kg/cm ²)	20 이상	29.5	32.6	10 이상	12.0	26.1
최대흡수율 (%)	40~45	45	41	55~65	58	60

〈표 5〉 보수성 포장체의 품질

항 목	40% 보수형		60% 보수형	
	목표치	시험치(보통형)	목표치	시험치(보통형)
휨강도 (kg/cm ²)	25 이상	31	10 이상	17
휨파단변형률	3×10 ⁻³ 이상	108×10 ⁻³	3×10 ⁻³ 이상	93×10 ⁻³
최대보수량 (kg/cm ²)	3 이상	4.72	3 이상	5.82
포장온도저감량 (°C)	6 이상	18.1	6 이상	20.3
동결융해시험(TSR,%)	-	85	-	75
동적안정도 (회/mm)	3,000 이상	42,000	3,000 이상	22,050

3.3 보수형 배수성포장의 품질

표층에 배수성포장을 두고, 중간층에 보수성포장체를 갖는 보수형 배수성포장의 품질은 〈표 6〉과 같다. 층간접착강도는 표층과 중간층과의 부착강도를 알아보기 위한 것으로 일반 배수성포장과는 차이가 크게 나타나지 않았다.

〈표 6〉 보수형 배수성포장체의 품질

항 목	40% 보수형배수성		60% 보수형배수성		일반배수성포장		
	최대치수 13mm	최대치수 19mm	최대치수 13mm	최대치수 19mm	최대치수 13mm	최대치수 19mm	
포장표면온도저감량(°C)	10.0	10.3	9.3	8.5	-	-	
동적안정도 (회/mm)	4,575	7,438	3,735	3,094	1,952	2,010	
층간접착 강도 (kg/cm ²)	24h 후	5.33	4.40	5.40	5.46	4.96	6.42
	24h수침후	5.17	6.59	7.42	6.12	5.22	7.80
	동결융해후	2.42	2.12	2.50	2.28	2.01	1.86

주 : 동적안정도는 표층(배수성포장)에 대한 시험결과임.

4. 가속주행시험

4.1 포장가속시험기 개요

이번 연구에 활용된 포장가속시험기(Accelerated Pavement Tester, 이하 APT)는 한양대학교에서 보유하고 있는 시험장치로, 가로 9.3m X 세로 12.5m의 피트에 시험포장을 시공하고, 복운타이어를 최대하중 11톤까지 재하하고 주행하여 포장의 공용성을 시험한다. 이 APT는 주행시험중 횡방향 이동(이를 Wandering이라 한다)이 가능하며, 환경영향을 위한 가열장치를 갖추고 있다. 장치의 모습 및 제원은 <사진 2~4> 및 <표 7>과 같다.



<사진 1> 포장온도 저감량시험



<사진 2> 포장가속시험기의 모습



<사진 3> 포장가속시험기의 타이어



<사진 4> 레이저 횡단면 측정기



<사진 5> 응력-변형률 관계 시험 모습



〈표 7〉 포장가속시험기의 제원

항 목	제 원
장비 크기 (m)	길이 20X폭 2X높이 3.4
시험 단면 (m)	가로 9.3X세로 12.5X깊이 3
재하운 시스템	복윤하중
하 중 부 가 (t)	최대 11
주행속도(km/h)	운용 8~15, 최대 17
횡방향 윈더링	조절 가능
주행 타이어	11.00R20
주행 방향	일방향, 양방향 가능
환 경 제 어	가열 시스템

4.2 시험방법

(1) 주행시험

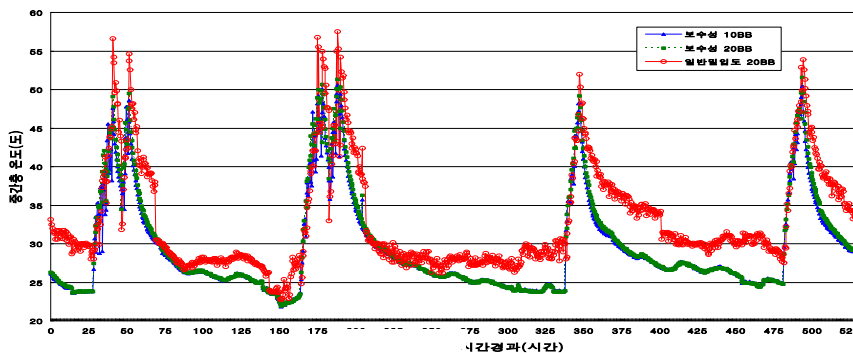
3항에서 시험한 재료를 사용하여(〈표 6〉의 40% 보수형, 최대치수 13mm) 〈표 8〉과 같이 세 가지 단면의 시험포장을 시공하여, 각 포장층에 온도계(Thermocouple, I-button)를 매설하고, 〈표 9〉와 같은 하중조건으로 재하하며, 매 30분 간격으로 온도자료를 데이터 로거(TDS-303 Portable Data Logger)에 수집하였다(그림 2). 재하횟수는 0회(초기치), 3,000회, 4,100회, 6,000회, 9,000회, 12,900회 및 17,700회의 합계 7회의 사이클로 주행하고, 매 사이클에 4회 살수하였다. 1회에 345리터의 물로 총 1,380리터가 되며, 17m²의 포장면적을 고려하면, 81mm의 강수량에 해당한다. 이 때 여름철 포장온도를 모사하기 위하여 C단면구간 표층의 5cm 깊이의 온도가 50℃에 도달할 때까지 포장체를 가열하는 것으로 히팅장치를 가동하고, 매 사이클마다 주행이 끝난 후, 레이저 횡단면 측정기(Laser Profilometer)로 횡단면의 변형을 측정하였다. 또한 코어를 채취하여 각 층의 두께 변화를 측정하였다(표 11).

〈표 8〉 시험포장 단면 (mm)

구 간	A단면	B단면	C단면
표층(배수성 13mm)	5	5	5
중간층	보수성(19mm)	5	-
	밀입도(19mm)	-	5
기층(조립도 40mm)	10	20	20
보조기층(쇄석 40mm)	40	30	30
노상(토사)	260	260	260

〈표 9〉 가속시험기 하중조건

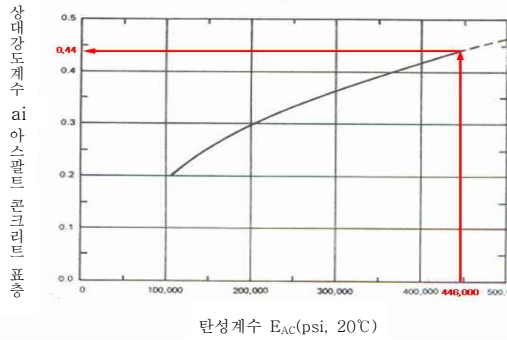
항 목	실험조건
재하하중 (톤)	8.2
타이어 공기압 (kgf/cm ²)	7
접지면적 (cm ²)	610



〈그림 2〉 주행시험에서 얻어진 온도 데이터(예)

(2) 포장체 시험

보수성포장의 두께설계에 있어 상대강도계수(Structural Layer Coefficient, a_i)를 어떻게 볼 것인가는 항상 의문점이다. 이를 알아보기 위하여 보수성포장체의 코어와 제작시료를 사용하여, 탄성계수를 측정하고 이 값으로 <그림 3>으로부터 a_i 를 얻었다<표 10>. 우리나라의 포장설계에서는 아스팔트 콘크리트 표층의 a_i 를 cm당 0.145를 적용하며, 이를 $T_A = 1.0$ 로 볼 때 <표 10>의 보수성포장체의 0.173은 $T_A = 1.2$ 에 해당한다. 문헌 5)에서는 새로운 재료·공법의 등치환산계수(예, T_A)는 시험포장이나 실내시험으로 구할 수 있도록 권장하고 있다.



<그림 3> 탄성계수-상대강도 관계도

<표 10> 보수성포장체의 탄성계수 및 상대강도계수

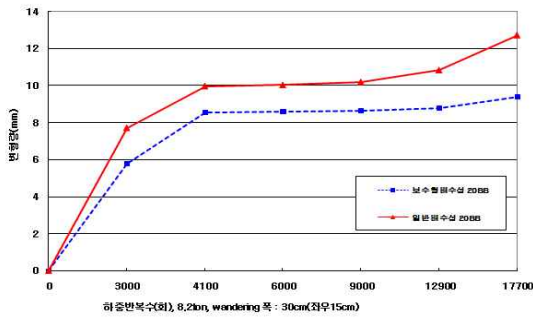
시 료	탄성계수 (kgf/cm ²)	상대강도계수	
		인치당	cm당
코어 시료	29,880	0.43	0.169
제작 시료	31,251	0.45	0.177
	33,096		
평 균	31,409	0.44	0.173

주) 아스팔트 콘크리트 표층의 상대강도계수는 0.145로 보아 설계함.

4.3 시험성과

포장가속주행시험으로부터 다음과 같은 성과를 얻었다.

- ① 동일조건에서 보수형 배수성포장의 경우, 일반 배수성포장에 비해 소성변형이 26% 적게 나타났다.
- ② 보수형 배수성포장구간중 기층을 1/2(20cm에서 10cm로) 줄인 경우의 소성변형량도 일반 배수성포장 구간보다 약간 적게 나타났다. 즉, 비용측면에서 보수형 배수성포장을 적용할 경우 기층을 1/2로 줄일 수 있을 것으로 분석되었다.
- ③ 표층의 경우 보수형 배수성포장구간은 일반 배수성포장구간에 비해 7.9~9.8℃(평균 8.8℃)의 온도저감효과를 보였다.
- ④ 중간층의 경우 보수성포장은 일반 밀입도 아스팔트포장 구간에 비해 6.6~7.9℃(평균 7.4℃)의 온도저감효과를 보였다.
- ⑤ 일단 히팅이 시작되면 보수형 배수성포장구간은 표층의 온도상승속도가 일반 배수성포장구간보다 늦었으며, 히팅을 중단하는 경우 표층의 온도하강속도도 늦은 것으로 나타났다.
- ⑥ 중간층의 경우 보수성포장이 일반 밀입도 아스팔트포장보다 거의 대부분 낮은 온도를 나타내었다. 이것은 보수성포장체에 보수된 수분 및 수분의 증발에 따른 기화잠열에 의한 영향으로 판단된다.
- ⑦ 보수형 배수성포장구간에서 발생한 소성변형의 대부분은 표층에서 발생하였다.
- ⑧ 일반 배수성포장구간에서 발생한 소성변형은 표층과 중간층에서 균등하게 발생하였으며, 기층에서도 약간의 변형이 발생하였다.
- ⑨ 보수성포장의 평균 탄성계수는 31,409 kg/cm² 로 분석되었으며, 적정 상대강도계수는 0.44(inch 단위기준), 0.173(cm 단위기준)로 아스팔트 콘크리트 상대강도계수의 1.2배정도인 것으로 확인되었다(아스팔트포장의 표층기준 상대강도계수는 0.145 적용).



(그림 4) 반복하중 재하에 의한 소성변형 발생 추이

(표 11) 포장층별 변형량 측정결과 (mm)

구 분	A단면	B단면	C단면
표면의 소성변형량 ¹⁾	12.3	9.4	12.7
표층의 변형량 ²⁾	12	10	15
중간층 변형량 ²⁾	-	-	5

주 : 1)은 레이저 횡단면 측정결과
2)는 코어 채취 측정결과

5. 맺음말

일반적으로 보수형 배수성포장의 시공순서는 다음과 같다.

- ① 보수성포장용 개립도 아스팔트 혼합물의 제조(아스팔트 플랜트)
- ② 현장에 개립도 아스팔트 혼합물의 포설
- ③ 보수성 시멘트 페이스트의 제조 및 충전
- ④ 배수성 아스팔트 혼합물의 제조(아스팔트 플랜트)
- ⑤ 현장에 배수성 아스팔트 혼합물의 포설

삶의 질이 개선됨에 따라 포장기술에도 다양하고 환경친화적인 요구가 있게 되고, 이를 받아들여 새로운 기술과 공법이 개발되고 있다. 이번에 개발된 보수형 배수성포장은 기존의 배수성포장이 갖는 소음저감기능과 배수기능에 부가하여 보수성포장이 갖는 온도저감 효과에 의한 소형변형을 줄일 수 있는 포장으로써 한층 더 환경친화적인 포장으로 적합한 현장에 많이 적용되기를 바란다.

감사의 글

이 연구는 한국토지공사의 중소기업연구기금의 지원으로 수행되었으며 연구개발처 및 토지기술연구소(이정민 책임연구원) 관계자에게 감사를 표한다. 또한, 시험을 수행한 강원대학교 석재복합신소재제품연구센터(김광우 교수)와 한양대학교 도로 및 공항연구실(서영찬 교수)에게도 감사를 표한다.

참고문헌

- 1) 김주원, 박태순 : 배수성포장, 도로포장공학회지, 제2권 제3호(2000. 9월)
- 2) 김주원, 송철영 : 반강성포장의 현장시공, 도로학회지, 제6권 제3호(2004. 9월)
- 3) 한국도로공사 : 고속도로공사 전문시방서(토목편), pp.9-26~29 (2005)
- 4) 한국도로교통협회 : 아스팔트포장 설계·시공요령, pp.36~46 (1977)
- 5) 日本道路協會 : 鋪裝設計便覽, pp.54~59, pp.79~81 (2006. 2월)
- 6) 日本道路協會 : 鋪裝施工便覽, pp.200~202, pp.222~223 (2006. 2월)
- 7) 日本道路協會 : 環境改善을 목표로 한 鋪裝技術(2004년도판), pp.30~36 (2005. 3월)
- 8) 日本 保水性鋪裝技術研究會 : 保水性鋪裝 技術資料 (2004. 2월)
- 9) 徳本 行信 외 : 保水性鋪裝의 開發(大阪市에서의 試驗施工), 鋪裝 제36권 6호 (2001)
- 10) AASHTO : AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993), p. II-18