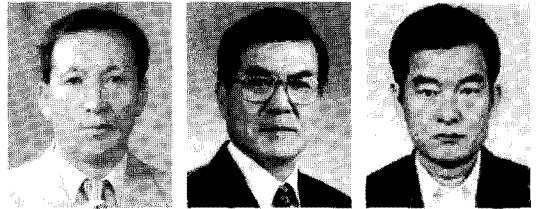


## 합성포장공법으로써 보수형 배수성포장의 시도



송 철 영 | 정회원 · 후암산업(주) 신기술사업본부장  
 김 주 원 | 참여회원 · 성원건설기술사사무소 소장  
 정 태 규 | 국토해양부 교통정책실 간선도로과 주무관

### 1. 머리말

합성(合成)포장이란 콤포지트(Composite)포장의 다른 호칭이다. 우리나라 포장관련 책자에는 별로 알려져 있지 않으나, 외국 문헌에는 콤포지트포장이 자주 등장한다. 참고문헌 5)에 의하면, “콤포지트포장이란, 표층 또는 표층·중간층에 아스팔트 혼합물을 사용하고, 바로 아래층에 시멘트 콘크리트 슬래브나 반강성 혼합물 등을 사용한 포장이다. 이 포장은 시멘트 콘크리트포장이 갖는 구조적인 내구성과 아스팔트포장이 갖는 양호한 주행성 및 유지관리의 용이성을 겸비한 포장이며, 일반적인 아스팔트포장보다 긴 수명을 기대할 수 있다.”고 되어 있다.

한편, 보수성(保水性)포장은 표층이나 표층·중간층에 보수층을 두어, 이 보수층에 보수된 수분이 증발할 때의 기화열(氣化熱)에 의해 노면온도의 상승과 축열(蓄熱)을 억제하는 포장이다. 도시에서 문제로 되고 있는 열섬현상(heat island)의 원인 중 하나는 포장체가 비축하고 있는 열에 있다고 말하고 있다. 이 포장체의 비축열량을 줄이기 위하여 포장체 내에 수분

을 갖게 하여, 그 증발에 의해 포장체의 온도를 내리는 동시에 포장체의 열방사량을 줄이는 보수성포장이 수년 전에 일본에서 개발되어 2004년판 일본도로협회 발행 “환경개선을 목표로 한 포장기술”에 소개되면서 보수성포장은 여름철 맑은 날의 포장면 최고온도가 일반 포장에 비하여 10~25℃ 낮은 것으로 되어 있다. 또한, 2006년판 일본도로협회 발행 “포장시공편람”에 각종 포장의 하나로 게재되어 있다.

이번에 시도한 합성포장은, 보수성포장 기능에 소음저감기능과 배수기능을 부가시키기 위하여 차도용 포장으로써 보수성포장 위에 배수성포장층을 둔 보수형 배수성 합성포장으로, 그 성능과 개발경위를 기술하고자 한다.

### 2. 포장의 구조

이번에 개발한 보수형 배수성 합성포장의 단면은 그림 1과 같이 표층에 배수성포장을 두고 중간층에 보수성포장을 두어, 아스팔트포장에서 중간층에까지

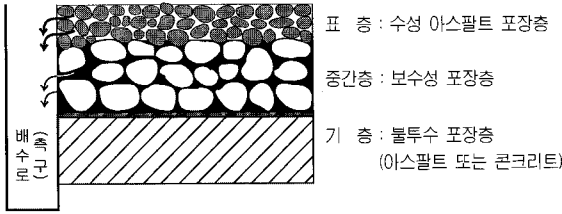


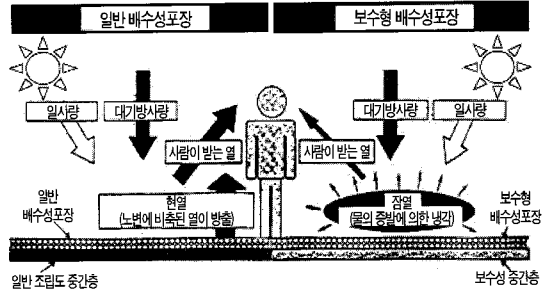
그림 1. 보수형 배수성 합성포장 단면

발생되는 유동(소성변형)의 원천적인 방지와 살수나 강우시 수분의 저장성을 높이고, 자동차 주행의 미끄럼 저항성 등의 안전성을 높게 한 구조이다. 이 합성포장에 의한 여름철 열환경개선에 대한 개념도를 그림 2에 나타낸다.

보수성포장은, 아스팔트포장계 보수성포장, 시멘트 콘크리트계 보수성포장 및 블록포장계 보수성포장으로 대별되며, 아스팔트포장계 보수성포장은 개립도 아스팔트 혼합물의 공극에 보수·흡수성능을 갖는 재료(이하, 보수재(保水材))를 충전시킨 것이다. 과거에 우리나라에도 소개되어 일반화된 반강성포장구조로 하고, 여기에 사용하는 충전용 시멘트 페이스트에 보수재를 혼합한 것이다. 보수재로는 광물질 분말 등으로 미세한 연속공극을 형성시켜 수분을 갖게 하거나, 흡수성 폴리머에 수분을 흡수시키는 방법이 있다. 또한 기존의 합성포장에서 시멘트 콘크리트의 강성 및 줄눈 설치에 의한 표층의 반사균열을 예방하기 위하여 표층인 배수성 아스팔트포장 바로 아래층에 시멘트 콘크리트포장 대신 반강성형 보수성포장을 도입하였다.

표층에 배수성포장을 둔 것은 이 포장이 갖는 장점을 살려 새로운 합성포장공법을 시도한 것이다. 우리나라의 고속도로에 SMA포장을 전면적으로 시공하고 있는 것과 같이 일본에서는 고속도로뿐 아니라 국도와 시내포장에도 배수성포장을 시공하고 있다.

### 3. 보수형 배수성 합성포장의 품질



\*보수형 배수성포장에서는 점열물의 증발에 의한 냉각에 의해 시름이 받는 열을 줄일 수 있다.

그림 2. 보수형 배수성 합성포장에 의한 열환경개선 개념도

#### 3.1 배수성포장의 품질

배수성포장에 사용하는 혼합물의 품질은 표 1과 같이 아스팔트포장 설계·시공요령(1997) 및 포장시공편람(일본, 2006)의 배수성 아스팔트포장편에 따르는 것으로 하였다.

표 1. 배수성 혼합물의 품질

항 목	목표치	시험치		
		최대치수13mm	최대치수10mm	
시 방 서 기 준	안정도(kN)	5 이상	6.65	7.21
	흡음값(1/100cm)	20~40	39	37
	공극률(%)	20 이상	20.3	20.2
	잔류안정도(%)	75 이상	77.4	79.1
	투수계수(cm/sec)	$1 \times 10^{-2}$ 이상	$38 \times 10^{-2}$	$53 \times 10^{-2}$
기 밀 도	동적안정도(회/mm)	3,000 이상	3,390	3,096
	밀 도( $g/cm^3$ )	-	2.087	2.000
	미끄럼저항치(BPN)	60 이상	68	65

#### 3.2 보수성포장의 품질

중간층에 사용한 보수성포장은 개립도형의 아스팔트 혼합물을 사용한 모체포장을 시공한 후, 그 공극 속에 보수성능을 갖는 시멘트 페이스트재료를 충전하는 반강성형 보수성포장 공법이다.

아스팔트 혼합물에 보수성 시멘트 페이스트를 충전한 보수성 포장체의 품질은 표 2와 같다. 표 2의 최대보수량, 포장온도저감량 및 동적안정도의 목표치는 참고문헌 4)에 따르는 것으로 하였다.

표 2. 보수성 포장체의 품질

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

표 3. 보수형 배수성 합성포장체의 품질

항 목	40% 보수형 배수성		60% 보수형 배수성		일반 배수성 포장	
	Ø13mm	Ø19mm	Ø13mm	Ø19mm	Ø13mm	Ø19mm
포장표면 온도저감량(℃)	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 <sup>2</sup> )	24h 후	5.33	4.40	5.40	5.46	4.96
	24h수침후	5.17	6.59	7.42	6.12	5.22
	동결융해후	2.42	2.12	2.50	2.28	2.01

주) Ø13mm 및 Ø19mm는 굵은골재의 최대치수를 나타냄.

### 3.3 보수형 배수성 합성포장의 품질

표층에 배수성 포장 혼합물을 두고, 중간층에 보수성 포장체를 갖는 합성포장의 품질은 표 3과 같다. 층간접착강도는 표층과 중간층과의 부착강도를 알아보기 위한 것으로 일반 배수성 포장과의 차이는 크게 나타나지 않았다.

를 최대하중 11톤까지 재하하고 주행하여 포장의 공용성을 시험한다. 이 APT는 주행시험중 횡방향 이동(Wandering)이 가능하며, 환경영향을 위한 가열 장치를 갖추고 있다. 장치의 모습 및 제원은 사진 2, 3 및 표 4와 같다.

## 4. 가속주행시험

### 4.1 포장가속시험기 개요

시험에 활용된 포장가속시험기(Accelerated Pavement Tester, 이하 APT)는 한양대학교에서 보유하고 있는 시험장치로, 가로 9.3m×세로 12.5m의 피트에 시험포장을 시공하고, 복륵타이어

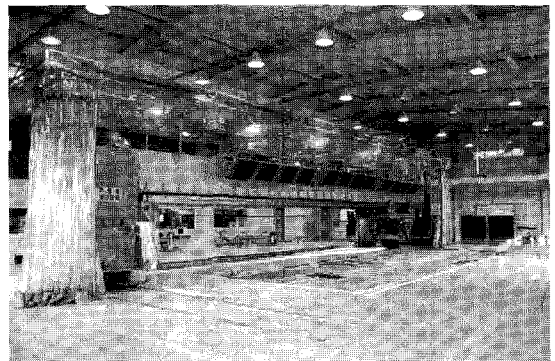


사진 2. 포장가속시험기의 모습

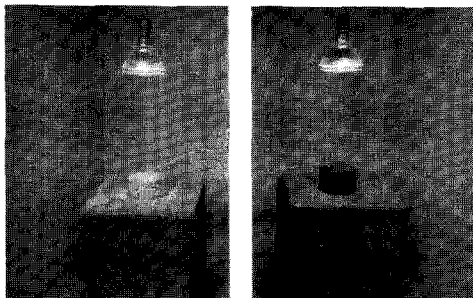


사진 1. 포장온도저감량 시험

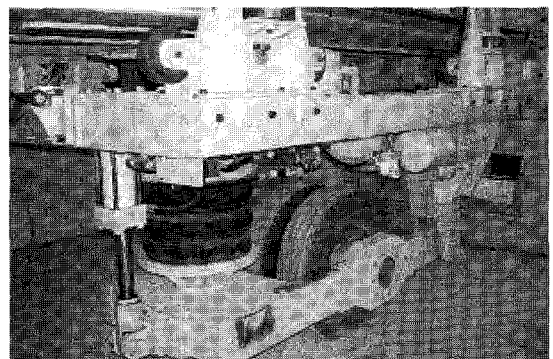


사진 3. 포장가속시험기의 타이어

표 4. 포장가속시험기의 제원

항 목	제 원
장비 크기(m)	길이 20×폭 2×높이 3.4
시험 단면(m)	가로 9.3×세로 12.5×깊이 3
재하운 시스템	복륜하중
하중 부가(t)	최대 11
주행속도(km/h)	운용 8~15, 최대 17
횡방향 윈더링	조절 가능
환경제어	가열 시스템

4.2 시험방법

표 1, 2의 재료를 사용하고 표 5와 같이 세 가지 단면의 시험포장을 시공하여 각 포장층에 온도계(Thermocouple, I-button)를 매설하고, 표 6과 같은 하중조건을 갖는 가속시험기로 재하하며, 매 30분 간격으로 온도자료를 데이터 로거(TDS-303 Portable Data Logger)에 수집하였다. 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 17m<sup>2</sup>의 포장면적을 고려하면,

표 5. 시험포장 단면 (cm)

구 간	보수형 배수성 10BB	보수형 배수성 20BB	일 반 배수성 20BB
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 6. 가속시험기 하중조건

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

81mm의 강우량에 해당한다. 이 때 여름철 포장온도를 모사하기 위하여 일반구간 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 7).

4.3 시험성과

포장가속시험으로부터 다음과 같은 성과를 얻었다.

- ① 보수형 배수성 합성포장에서 소성변형은 일반 배수성포장에 비하여 소성변형이 26% 적게 생겼으며, 합성포장의 변형은 중간층에서는 발생하지 않는 반면 일반 배수성포장의 변형은 중간층에도 발생되어 있다.
- ② 온도저감효과면에서 합성포장은 일반 배수성포장에 비하여 표층에서 7.9~9.8℃(평균 8.8℃), 중간층에서 6.6~7.9℃(평균 7.4℃)의 온도저감효과를 보였다.
- ③ 합성포장에서 중간층(보수성 포장층)의 변형량이 거의 없는 것으로 볼 때(표 7) 포장의 지지력 향상에 도움이 되어 전체 포장층의 두께를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.
- ④ 보수성포장의 평균 탄성계수는 31,409kg/cm<sup>2</sup>로 분석되고, 적정 상대강도계수는 0.44(inch 기준), 0.173(cm 기준)로 아스팔트포장 표층의 상

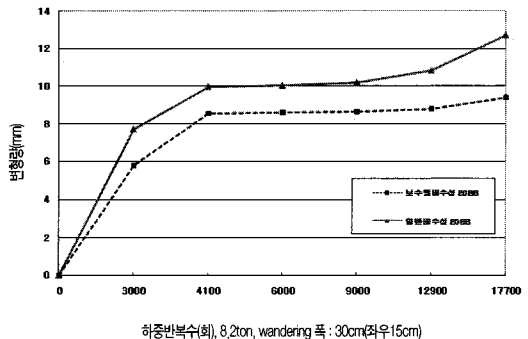


그림 3. 반복하중 재하에 의한 소성변형 발생 추이

대강도계수를 0.145로 볼 때, 일반 아스팔트 콘크리트의 1.2배정도인 것으로 확인되었다(표 8). 이로써도 전체 포장층의 두께를 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

이상의 성과를 볼 때, 이번에 시도한 합성포장은 머리말에서 기술한 콤포지트포장의 효과라고 생각된다.

표 7. 포장층별 변형량 측정결과 (mm)

구 분	보수형 배수성	보수형 배수성	일반 배수성
	10BB	20BB	20BB
표면의 소성변형량 <sup>1)</sup>	12.3	9.4	12.7
표층의 변형량 <sup>2)</sup>	12	10	5
중간층 변형량 <sup>2)</sup>	-	-	5

주) 1)은 레이저 횡단면 측정결과  
2)는 코어 채취 측정결과

표 8. 보수성포장체의 탄성계수 및 상대강도계수

시 료	탄성계수 (kgf/cm <sup>2</sup> )	상대강도계수	
		인치당	cm당
코어 시료	29,880	0.43	0.169
	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.

## 5. 맺음말

일반적으로 보수형 배수성 합성포장의 시공순서는 다음과 같다.

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

삶의 질이 향상됨에 따라 포장기술에도 다양하고

환경친화적인 요구가 있게 되고, 이를 받아들여 새로운 기술과 공법이 개발되고 있다. 보수성 포장이 일본에서는 환경친화적인 포장공법의 하나로 오사카시와 도쿄시내의 도로에 그 수요가 증가하고 있음이 확인되고 있다. 서울시의 버스차로에 보수성 반강성포장을 시공하여 그 공용성이 확인된 것이 불과 수년 전의 일인데, 새로운 포장의 필요가 대두된 것이다. 본고에서는 환경친화적이고 변형이 적으며 내구성이 우수한 합성포장을 개발한 결과를 제안하는 바이다.

## 감사의 글

이 연구는 한국토지공사의 중소기업연구개발기금의 지원으로 수행되었으며, 연구개발처 및 토지기술연구소 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. 한국도로교통협회: 아스팔트포장 설계·시공요령, pp.205~212 (1997)
4. 日本道路協會: 鋪裝設計便覽, pp.54~59(2006. 2월)
5. 日本道路協會: 鋪裝施工便覽, pp.200~202, pp.217~223, pp.244~245(2006. 2월)
6. 日本道路協會: 環境改善을 목표로 한 鋪裝技術(2004년도판), pp.30~36 (2005. 3월)
7. 日本 保水性鋪裝技術研究會: 保水性鋪裝 技術資料 (2004. 2월)
8. 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)
9. AASHTO: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993), p. II-18(2008. 10. 30)