

## 일본의 최근 포장기술의 동향



김 주 원 | 참여회원 · 성원건설기술사사무소 소장

### 1. 머리말

최근 우리나라에서는 10개년 사업으로 '한국형 포장설계법 개발과 포장 성능개선방안 연구' 사업을 건설교통부 주관으로 한국건설기술연구원, 한국도로공사 및 우리 학회가 공동으로 수행하고 있다. 이 사업은 2004년 말로 1단계 3차년도 사업이 끝나서 보고서가 나와있고, 착실히 진행되고 있다. 때늦은 감이 있으나, 우리 건설기술 분야 중에서 포장기술의 중요성이 부각되어 많은 예산과 시간을 들여 우리의 포장기술을 한 단계 끌어올리는 계기가 될 것으로 믿어 의심치 않는다.

여기에서는 최근 10년간(1995~2004) 일본의 포장 관련 기술지(월간)인 '포장(鋪裝)'에 게재된 기사를 분석하여 일본의 최근 포장기술의 동향을 살펴보고자 한 것이다. 이 월간지는 1965년부터 발간하기 시작하여 금년에 45년째를 맞이하는 오래된 것으로 외국에도 많은 독자를 가지고 있는 도로포장에 관한 전문지이다. 우리 학회에는 1972년도부터 33년분이 한 권도 빠짐없이 모두 모아져 있다. 이것은 본인이 1972년에 일본에 포장기술 관련 연수를 갔을 때, 구독 신청한 것으로 당시에는 외화 사정이 어려워 계속하여 구독하기가 어려웠고, 중간에 해외근무 기간도 있어 빠진 것은 나중에 발간회사를 방문하여 구입한 것으로 포장기술자에게는 많은 참고가 되는 자료이다.

### 2. 10년간 게재된 기사

우선 지난 해 말까지 10년간 이 잡지에 게재된 기사를 분야별로 분류한 것이 표 1이다. 우리나라 기술자들도 일본에 방문할 기회는 많다. 각 분야별로 업무차 출장을 가도 방문 목적에 따라 업무를 수행하다 보니 전체적으로 포장기술에 대한 동향을 알기는 어렵다. 물론 '포장' 기술지에 발표된 것이 일본의 전체적인 포장기술이라고 할 수는 없으나, 적어도 일본의 최근 포장기술의 관심사일 수도 있으며, 경향일 수도 있다. 그래서 여기에서는 동향(trend)이라고 보아 분석해 본 것이다.

표 1에서 기사 건수가 많은 것을 순서로 들어보면 다음과 같다. 즉, 단연 배수성 포장이 가장 많고(41건), 환경과 폐자원 활용에 관한 것(32), 한냉지와 노면동결 억제에 관한 것(26), 시험기구와 방법에 관한 것(20), 블록 포장(17), 외국 사례(16), 유지관리에 관한 것(16), 콘크리트 포장의 시공(15), 행정사항과 시방서에 관한 것(15) 순이다.

배수성 포장에 관한 기사가 가장 많은 이유는 다음과 같다. 2001년 개정된 도로구조령에 따라 재질은 불문하고, 포장구조가 가져야 할 성능(性能)을 만족하면 좋다고 하는 성능 규정을 도입하였다. 이 때, 국토교통성령(省令, 우리나라의 건설교통부령에 해당하는 것)으로 '차도 및 측대 포장의 구조 기준에 관한 성령'과 '포장구조에 관한 기술기준'을 새로 제정

표 1. 최근 10년간 기사의 분석

대분류	소분류	건수	연도별 건수									
			'04	'03	'02	'01	'00	'99	'98	'97	'96	'95
행정 규정	행정사항, 지방서	15	1	2		6	3				2	1
	지침, 편람	5			3						2	
	외국사례	16	3	4	6	2	1					
기반	노상, 보조기층, 기층	14	1	2	3		1	1	2	1	1	2
재료	골재	10			2	1	1					6
	아스팔트	5	1								3	1
	개질제, 유제, 기타	9	1	1		1	1			2		3
아스팔트 포장	시공관리, 배합설계	11	2		1		3	3	1	1		
	상온혼합물	9				1		1	1		5	1
	재생혼합물	8		2	2		1	1		1		1
콘크리트 포장	조사, 시공	15			2	2	1	2	2	2	1	3
	프리캐스트 포장	5			1	2				1		1
	투수성 콘크리트포장	13		1	2	7	2			1		
	화이트톱핑	6	1	1	1		1		2			
	전압 콘크리트	3		1								2
유지관리	설계, 관리	16		2	4	1	2		1	2		4
	파손, 보수시공	6	2		1	1				1	1	
각종 포장	배수성포장	41	4	1	7	4	4	3	7	1	5	5
	투수성포장	10		2	1	3			1	1	1	1
	교면포장	14	1		3	1	2	2	1	1		3
	컴포지트포장	7	1		1	2				1		2
	보도, 보행자포장	13		1			3		5	1	1	2
	공향포장	12		3		1		4	2	1		1
	블록포장	17	1	3	1	3	1	1	5	1	1	
	노면의 밝기, 형상	8	3				1			1	1	3
	표면처리	4				1	1	1		1		
	쇄석매스틱(SMA)	12		1			4	1	5			1
	중온화 포장기술	6			1	1	1	2	1			
	한냉지, 노면동결억제	26		4	5		4	2		6	2	3
	환경, 폐자원 활용	32				11	6	3	3	5	1	3
	소음흡수성포장	12	1	3	2	1	3		1		1	
반강성, 대입경, 보수성, 차열성, 전파흡수 기타	22	3	2	2	7		2	2	1	2	1	
기 타	PMS, 탄성계수	3	2			1						
	FWD	13						5		6		2
	플랜트, 포장시공기계	11	1		4		1			1		4
	시험기구, 방법	20	1	2		2	1	2	5	1	5	1

하여 환경 부하(負荷)가 적은 포장을 도입하도록 하였다. 환경 부하가 적은 포장이란 도로교통 소음의 저감, 집중호우시 도시형 수해 발생을 억제하기 위하여 “빗물을 도로 노면 아래로 원활하게 침투시키고, 아울러 도로교통 소음의 발생을 감소시키는” 포장이며, 이와 같은 포장을 필요에 따라 도시내 도로에 도입하는 것으로 하였다. 또한, 하이드로프래닝(hydroplaning) 현상의 발생 방지와 같이 자동차의 안전하고 원활한 교통을 확보하는 것을 목적으로 하는 배수성 포장은 필요에 따라 실시하도록 하였기 때문이다. 그 결과 현재 일본의 고속도로에 배수성 포장이 많이 시공되고 있다.

두 번째로 환경과 폐자원 활용에 관한 것이 많은 것은 시대의 흐름이라고 생각된다. 자원의 절약과 함께 유한한 자원을 재활용하는 기술을 포장에 도입하고자 하는 의지라고 본다.

세 번째로 한냉지와 노면동결 억제에 관한 것이 많은 것도 북해도와 같은 지방에서 안전한 교통을 확보하기 위한 것과 환경을 고려한 결과라고 생각할 수 있다. 그 다음으로 블록 포장이 많은 것도 환경을 고려한 결과라 생각할 수 있다.

또한, 조사장비로서 FWD(Falling Weight Deflector meter)에 관한 기사가 많은 것은 우리나라 포장기술자로서도 눈여겨 볼 만하다. 간편하면서도 활용도가 높은 이 장비를 활용하여 정량적으로 포장 구조를 측정·조사한다는 것은 앞으로 우리도 배울만한 점이다.

### 3. 특집기사

월간지 '포장'에는 특정한 관심사에 대하여 매년 몇 건의 특집 기사를 월별로 다루고 있다. 지난 10년간 특집으로 다루어진 내용을 들면 다음과 같다.

2004년도 : 중국의 포장기술

2003년도 : 한국의 포장기술 (6월호), 성능규정발주

2002년도 : 타이어/노면소음, '포장설계시공지침'과 '포장시공편람', 적설한냉지에서의 기능성 포장, 해외공사에서 일본의 포장기술

2001년도 : 일본 중부지방의 포장, 포러스(porous) 콘크리트, IT와 사회자본 정비, 특수한 기능을 갖는 포장, 쓰레기 처리문제와 포장, 포장과 열환경, 배수성포장(저소음 포장)의 내구성 향상, 포장에서 CO<sub>2</sub>저감

2000년도 : 성능규정화의 방향, 쇄석 매스틱포장(SMA), 겨울철 도로의 포장기술, 자원순환형 사회에서의 포장

1999년도 : 공항포장, Falling Weight Deflector meter

1998년도 : 시멘트 콘크리트포장의 보수, 보행자계 포장, 인터록킹 블록포장, SMA, 자이 레터리(Gyratory) 시험기, 배수성포장의 시험·측정

1997년도 : Falling Weight Deflector meter의 활용, 산업폐기물의 포장재료에의 재생, 균열억제 포장공법, 동결억제 포장

1996년도 : 상온형 포장, 배수성포장

1995년도 : 자원절약·에너지절약 포장, 포장기계의 자동화, 특정 장소의 포장, 콘크리트포장, 골재

2003년 6월호에 특집으로 다룬 '한국의 포장기술'은 우리 학회지 2003. 9월호에 '한국의 포장연구 프로그램과 한일 연구협력'의 제목으로 자세한 내용을 소개한 바 있다.

또한, 이 특집기사로 다룬 제목에서도 현재 일본의 포장기술계가 관심을 가지고 다루고 있는 기술과 동향을 알 수 있다.

### 4. 새로운 포장

일본에서는 오랜동안 활용해오던 '아스팔트포장요

강', '콘크리트포장요강' 및 '간이포장요강'에 대체할 수 있는 '포장설계시공지침'과 '포장시공편람'을 2001년 말에 내놓았다. 후자의 '포장시공편람'에는 전에 없던 새로운 포장공법으로 다음과 같은 것들이 소개되어 있다. 이러한 새로운 포장공법은 '포장' 기술지 등에 최근 새로운 공법으로 시험 시공을 포함하여 소개되기 시작한 결과, 그의 공용성이 인정되었기 때문이라고 생각된다. 환경문제의 중시 현상과 사회적인 요구의 다변화에 따라 새로운 포장공법이 여러 가지 등장하게 된 것으로 보인다. 여기에서는 이러한 새로운 포장공법에 대하여 간단하게 설명을 붙여 소개한다.

(1) 저소음(低騒音) 포장

저소음 포장은 차량 주행 시에 노면 위를 타이어가 회전함에 따라 발생하는 소리 등을 저감시키는 기능을 갖는 포장이다. 이 포장을 적용함으로써 시가지 등의 도로 소음을 줄일 수 있다. 저소음 포장으로서 일반적으로는 높은 공극의 아스팔트 혼합물(배수성 포장용 혼합물)을 표층 또는 표층과 중간층에 사용하는 공법이 이용되고 있다. 그 밖에, 고무입자와 같은 탄성체를 아스팔트 혼합물에 섞어넣은 포장이나 다공질 탄성 포장 등이 검토되고 있다.

(2) 동결억제 포장

동결억제(凍結抑制) 포장은 화학계의 동결억제 재료나 탄성이 있는 물리계의 동결억제 재료를 아스팔트 혼합물에 섞어넣거나, 표면에 시공한 포장이다. 이 포장은 주행차량의 안전성, 제설작업의 효율화에 효과가 있으며, 주로 적설 한냉지의 기울기가 큰 장소, 교차점 내나 그 주변 등에 이용된다.

(3) 쇄석 매스틱 포장(SMA)

쇄석 매스틱 포장은 굵은골재의 골재 간극을 잔골재, 채움재, 아스팔트로 이루어진 아스팔트 모르타르 채운 갭(gap)입도의 아스팔트 혼합물을 사용한 포장으로, 아스팔트 모르타르의 충전 효과와 굵은골재의 맞

물림 효과에 의해 내유동성, 내마모성, 수밀성의 성능을 가진다. 이들의 성능을 살려, 중(重)교통 도로의 표층이나 교면 포장의 밑층과 표층으로서 이용된다. 마무리 두께는 35cm로 하는 것이 일반적이다.

SMA 포장은 우리나라의 고속도로에 많이 적용되고 있어 우리에게는 익숙한 기술이다.

(4) 대입경(大粒徑) 아스팔트 포장

대입경 아스팔트 포장은 최대입경이 큰 골재를 아스팔트 혼합물에 사용하여 시행한 포장으로 내유동성, 내마모성과 같은 성능을 갖게 한 포장이며, 일반적으로 중(重)교통 도로의 표층, 중간층 및 기층에 사용된다.

대입경 아스팔트 혼합물은 골재의 최대입경이 일반적으로 25mm를 넘는 것의 총칭이며, 굵은골재의 최대입경을 크게 하여 혼합물 내의 굵은골재가 차지하는 체적비율을 크게 하여, 양호한 골재의 맞물림 효과에 의해 변형 저항을 높이도록 한 것이다. 최대입경 40mm의 대입경 아스팔트 혼합물을 기층과 중간층 부분에 적용하여 양호한 공용성을 얻고 있는 장소도 있다.

(5) 프리캐스트(precast) 콘크리트 슬래브 포장

프리캐스트 콘크리트 슬래브 포장은 미리 공장에서 제작하여 둔 프리캐스트 콘크리트 슬래브를 기층 위에 부설하고, 필요에 따라 상호의 콘크리트 슬래브를 바(bar) 등으로 결합하여 축조하는 콘크리트 포장이다.

① 프리캐스트 콘크리트 슬래브 포장은 슬래브를 부설한 후, 조기에 교통을 개방할 수 있으므로 보수 공사에 적합하다.

② 프리캐스트 콘크리트 슬래브 포장은 터널 내 콘크리트 포장의 재포장 공법 또는 교통량이 많은 교차점과 같은 곳의 소성변형 대책 등에 적용되는 경우가 많다.

③ 프리캐스트 콘크리트 슬래브에는 프리스트레스트 콘크리트(PC) 슬래브 및 철근 콘크리트(RC) 슬래브가 있다. 또한, RC 슬래브에는 줄눈 바로 아래

의 기층 위에 강판(鋼板)을 바 등으로 결합하지 않고, 양면 사용이 가능한 리버시블(reversible)형의 것도 있다.

#### (6) 박층(薄層) 콘크리트 포장

박층 콘크리트 포장은 마모나 스케일링(scaling) 등에 의해 공용성이 떨어진 기존 콘크리트 슬래브의 노면성상을 개선하기 위하여, 필요에 따라 절삭하고, 박층의 콘크리트로 덧씌우기하는 포장이다. 다만, 기존 콘크리트 슬래브면은 쇼트블라스트(shot blast)와 같은 연소(研掃)에 의해 새로운 콘크리트와의 부착 대책을 강구하는 것으로 한다.

① 박층 콘크리트 포장은 기존 콘크리트 슬래브의 밑면에 도달하는 균열이 수 많게 발생하여 있는 장소 등 기존 콘크리트 슬래브가 구조적으로 파손되어 있다고 판단되는 경우에는 적용할 수 없다.

② 박층 콘크리트 포장은 일반적으로 적설 한냉지에서 마모된 노면의 공용성능 개선을 위한 보수 공법으로 이용되고 있다. 또한, 이 포장은 노후된 교량 콘크리트 슬래브의 보강 대책 공법의 한 방법으로서도 이용되고 있으며, 이 경우는 슬래브 상면증후(上面增厚) 공법이라고도 부른다.

③ 이 포장에서 가장 중요한 것은, 기존 콘크리트 슬래브와 새로운 콘크리트의 부착 대책이다. 부착 대책에는 여러 가지 방법이 시험적으로 실시되고 있으나, 현시점에서는 쇼트블라스트 공법이 가장 신뢰성이 높은 방법이라고 생각된다.

④ 주로 소성변형에 의해 공용성능이 저하된 기존 아스팔트 포장을 보수하기 위하여 기존 노면을 절삭하고 청소한 후, 박층의 콘크리트로 덧씌우기하는 방법을 화이트 톱핑(white topping)이라고 부른다.

#### (7) 소입경(小粒徑) 골재노출 포장

소입경 골재노출 포장은 입경이 작은 단립쇄석(單粒碎石)을 굵은골재로 한 콘크리트를 펴고 다진 후, 그 표면의 모르터를 깎아내어 균일하고 적당한 조직(texture)의 골재노출면을 형성함으로써 차량소음을

줄이도록 한 공법이다.

① 소입경 골재노출 포장은 타이어와 노면 사이에서 발생하는 에어펌핑(air pumping)음이나 노면의 요철에 의해 생기는 타이어 진동음을 작게 하기 위하여, 굵은골재를 입경을 작게 하고 골재를 노출시키는 거친면 마무리 등으로 콘크리트 표면의 조직을 개선한 것이다.

② 소입경 골재노출 포장에서는 콘크리트 마무리면의 양호한 조직으로서는 조직깊이로 0.7~1mm, 쇄석(부순돌)의 노출상태에서 5cm 사방 내에 55개 이상이 하나의 목표로 되고 있다.

③ 소입경 골재를 사용한 콘크리트는 보통 상층 콘크리트로 하여 두께 510cm로 시공하는 수가 많으나, 하층의 콘크리트는 일반적인 콘크리트가 사용된다.

#### (8) 포러스(porous) 콘크리트 포장

포러스 콘크리트 포장은 특수한 혼화재료를 사용하여 높은 공극률을 확보한 포러스 콘크리트 슬래브를 사용하고, 이것으로 배수성이나 투수성, 차량소음의 저감과 같은 기능을 갖게 한 포장이다.

#### (9) 인터록킹 블록 포장

인터록킹 블록 포장은 상가나 단지 내 도로, 주택지 내 도로 등과 같이 정상적으로 대형차가 주행하지 않는 도로의 포장에 적용한다. 이들 도로에서 교차점, 버스정류장, 택시 승차장 등의 장소 및 역사적인 가로나 공원 등의 주변에서, 주변환경과의 조화, 아울러 경관을 중시할 필요가 있는 경우에 사용하면 특히 효과적이다.

이 포장은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

① 간단한 유지보수를 전제로 하여, 장기적인 내구성을 확보할 수 있다.

② 블록의 형상, 색깔, 표면 조직 및 포설무늬를 여러 가지로 선택할 수 있어 주변환경과 조화된 포장면을 형성하고, 경관을 향상시킬 수 있다.

③ 색깔이 다른 블록을 사용하여, 내구적인 노면표시가 가능하며, 또한 용이하게 변경할 수 있다.

④ 동결융해, 마모, 오일 등에 대한 저항성이 우수하다.

⑤ 도로의 보수나 지하매설물 공사 등에서 복구공사가 용이하며, 블록의 재이용도 가능하다.

⑥ 현장 양생이 필요치 않으며, 포설 후 즉시 공용할 수 있다.

#### (10) 보수성(保水性) 포장

보수성 포장은 포장체 내에 보수시킨 수분이 증발하고, 기화잠열(氣化潛熱)을 빼앗음으로 노면온도의 상승을 억제하는 기능을 갖는 포장이다. 노면온도의 상승억제를 고려한 도시 내의 차도포장, 공원의 광장, 주차장, 보도 및 자전거도 등에 이용된다.

보수성 포장의 일례로서 반강성 포장에 보수성을 갖게 한 침투용 시멘트 페이스트(보수성 그라우트)를 사용한 예의 포장구성을 그림 1에 나타낸다. 또한, 그 밖에도 개립도 아스팔트 혼합물의 공극에 보수성이 높은 가는 모래 등을 충전하는 공법 등 여러 가지 공법이 개발되어 있다.

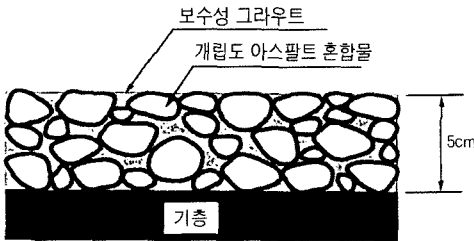


그림 1. 보수성포장의 예

보수성 포장은 지구온난화 현상에 따라 기후가 더워지고, 여름철 아스팔트 포장이 햇볕을 받아 덥혀진 포장체가 열을 반사하여 더욱 기온을 높여 도시에서 발생하는 열섬(heat island) 현상을 줄여줄 수 있다는 환경친화적인 포장공법으로 일본에서 세계 최초의 기술이라고 기술하고 있다. 보행자 환경을 고려할 때 여름철 한낮에 공원이나 도로를 이용하는 보행자에게 서늘한 환경을 제공한다고 하는 것은 획기적인 기술이 아닐 수 없다.

보수성 포장에서는 한번 비가 내리거나, 또는 살수함으로써 수 일간 수분을 가지고 있게 하여 이 수분이 증발할 때 소비되는 기화열(氣化熱)에 의해 포장체 온도의 상승을 억제할 수 있다.

이 밖에도 새로운 포장공법으로서 공인된 기술은 아니지만, 차열성(遮熱性) 포장도 시공보고문이 게재되어 있어 관심을 끌고 있다. 이 포장은 위에 소개한 보수성 포장에서는 물을 가지고 있게 하여 온도를 떨어뜨리는 것에 비하여 포장면에 차열 코트재를 도포하여 햇볕의 반사율을 줄이게 함으로써 시원한 보행자 환경을 만드는 포장이다. 현재 연구단계에 있어 앞으로 성과가 기대된다.

## 5. 맺음말

최근의 포장기술의 동향을 살펴볼 때, 환경을 고려한 기술과 보행자, 이용자에게 편리성을 위주로 발전하고 있음을 알 수 있다. 토목기술의 궁극적인 목표는 인간의 삶의 질의 개선과 향상을 위한 기반의 구축이라고 할 때 우리의 주변을 다시 한번 살펴보는 계기가 되었으면 좋겠다.

### 참고문헌

- 1) "포장", 1995. 12월호, pp.40~49
- 2) "포장", 1996. 12월호, pp.42~49
- 3) "포장", 1997. 12월호, pp.48~56
- 4) "포장", 1998. 12월호, pp.45~54
- 5) "포장", 1999. 12월호, pp.44~51
- 6) "포장", 2000. 12월호, pp.44~53
- 7) "포장", 2001. 12월호, pp.39~49
- 8) "포장", 2002. 12월호, pp.32~40
- 9) "포장", 2003. 12월호, pp.34~38
- 10) "포장", 2004. 12월호, pp.35~40
- 11) 일본도로협회: "포장시공편람", 2001, pp.158~195