

# 배수성 콘크리트 포장 공법

## Drainage concrete pavement work

황 익 현  
HWANG. IK HYUN

---

### ABSTRACT

Drainage concrete pavement, unlike water permeable concrete pavement, is to preclude the pavement from overflowing with water, such as rain water, from infiltrating into earth by placing a border in the middle layer which makes water to flow through the surface of the border to the conduit. Drainage concrete pavement enhances car wheel resistance to slippery and wet road surface and imbibes noise caused by friction on the road. Also, by using pigment, it adds to the beauty of the environment. Drainage concrete pavement can be used for sidewalks, roadways, parking lots and expressways.

---

#### 1. 서 론

역사적으로 도로 포장은 사람, 말, 마차 등이 다닐 수 있는 흙길로부터 시작하여 돌을 사용하여 도로를 만들게 되었고, 현대에 이르러서는 자전거, 차량등이 다닐 수 있는 인위적으로 만들어진 시멘트 콘크리트 포장, 아스팔트 콘크리트 포장으로 점차 발전해 왔다.

도로 포장재의 발전 단계를 살펴보면 과거 운송 또는 여행 수단으로 말, 동물등을 이용하거나 직접 보행하는 포장길에 있어서 보행자, 동물의 피로도를 감안할 때 흙길 또는 돌길 등 자연상태를 그대로 사용하는 포장이 가장 적절한 포장체였다.

그러나 사회 문명의 발달로 인구의 폭발적인 증가는 자연스럽게 교통문화의 발달로 이어져 과거의 흙길 또는 돌길로는 내구성이 보장될 수 없었으며, 특히 교통 수단의 통행에 따른 평탄성 유지는 도로의 생명과 같이 중요시 하게 되었다.

따라서, 도로포장의 내구성을 높이기 위하여 고대 이집트에서부터 사용된 석회석을 이용한 포장이 시멘트 포장의 시발점이 되었고, 유전지대에서 표면에 돌출된 원유가 증발되어 남은 찌꺼기인 피치를 이용한 도로 포장재가 아스팔트 포장의 시발점이 되었을 것이다.

이러한 자재는 현대 사회 발전의 밑거름이 된 도로 건설부분에 지대한 역할을 하였고, 기타 산업 발전에도 기여한 바가 크다.

---

\* 황익현, 한국투수개발 주식회사 대표

위에 서술한 여러 가지 포장재 중 시멘트 콘크리트 포장의 발전 단계를 살펴보면,

- (1) 초창기의 시멘트 콘크리트를 도로 포장에 적용하였을 때, 시멘트와 물, 골재를 혼합하여 고슬럼프로 포장을 하였다.
- (2) 시멘트 콘크리트의 도로 포장에 있어서, 고슬럼프는 평탄성의 불량, 저 내구성, 레이탄스에 따른 먼지 등으로 도로 포장재로서 문제가 제기되므로, 슬럼프를 낮춘 배합과 시공방법을 개선, 발전하였다.
- (3) 최근에 이르러서는 슬럼프 치가 0에 가까워지면서 로라 다짐으로 완성되는 RCCP 공법(Roller compacted concrete pavement)이 개발되었다.  
이러한 RCCP 포장 공법은 미끄럼 저항선의 설치 문제(미끄럼 저항에 따른 교통사고 문제로 60km/h 이하의 도로 포장재료만 적용)로 세계적으로 활성화되지는 못하였다.
- (4) 1980년대 들어 자연 생태계 보호적인 측면에서 슬럼프를 갖는 투수성 콘크리트가 개발되었고, 1980년 후반기에는 슬럼프가 0cm인 로라 다짐으로 완성하는 투수콘크리트가 국내에서 자사의 기술로 개발되었으나, 투수된 우수에 따른 주요도로의 기층 및 지반의 침하가 우려되어, 통행량이 많은 차도에는 적용치 못하였다.
- (5) 현재 사용되고 있는 도로 포장재료는 시멘트 콘크리트와 아스팔트 콘크리트가 주종을 이루고 있는데 시멘트 콘크리트는 미끄럼 저항선의 닦음에 따른 내구성 문제와 슬럼프치에 따른 평탄성 불량, 줄눈의 파손과 시인성이 확보되지 않아 눈부심에 따른 운전자의 피로감 증대가 문제로 대두되고 있고, 아스팔트 콘크리트는 차량 하중, 과속주행 및 하절기 포장 표면의 고온에 따른 변형과 요철문제, 내구성 문제등이 아스팔트 콘크리트 포장의 단점으로 꼽히고 있다.

이와 같은 단점을 보완하고 투수성 효과에 따른 흡음성, 투수성, 미끄럼 저항성, 지반 동상에 의한 솟음 방지, 내구성을 갖는 배수성 포장 공법의 개발에 착수하게 되었다.

현재 배수성 포장 공법으로 아스팔트를 사용한 배수성 아스팔트 콘크리트 포장이 개발되어 있으며, 일본, 미국 등에서 연구 및 사용되고 있으나, 내구성 문제와 개질 아스팔트 사용에 따른 고가격으로 형성되어 있어 포장비 부담이 상당한 실정이다.

## 2. 배수성 콘크리트 포장공법의 개발 목표

배수성 콘크리트의 포장 공법을 완성 시키려면 재료의 품질 확보→시공방법 제시→기술적 관리 방법의 제시→유지보수 등이 기술적, 체계적으로 적립되어야 하며, 기층재는 불투수층이 되어야 하고, 표면층은 고투수성으로 이루어져야 하며, 기층용 다짐 콘크리트와 표층용 배수층이 일체화 되어 어떠한 하중에 의해서도 분리되어서는 안되는 포장으로 구성되어야 한다.

특히 표면층인 배수성 콘크리트층은 그 내부공극까지 우수 및 오염된 우수, 차량이 뿜어대는 매연과 직접적으로 접촉되어 공극의 부식이 우려되므로 이에 대한 대책이 강구되어야 하고, 공정별 연구 대상을 살펴보면 다음과 같다.

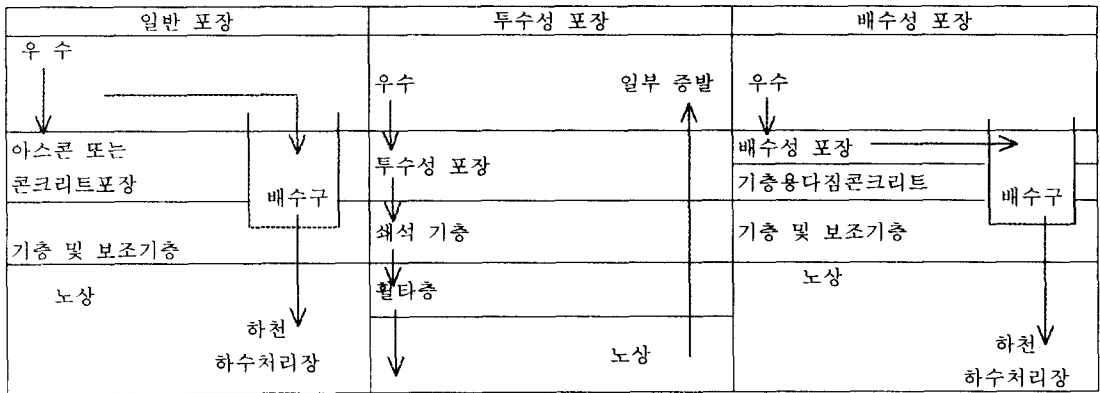
### 2.1 품질 확보 및 시공

- (1) 노상 정비 및 보조기층의 선정
- (2) 기층용 불투수 다짐 콘크리트의 사용 재료의 선정 및 제품의 품질 확보

- (3) 표층용 배수성 콘크리트의 사용 재료의 선정 및 제품의 품질 확보
- (4) 기층용 불투수 다짐 콘크리트와 배수성 콘크리트의 시공방법 제시 및 일체화 방안과 배수구배 및 유공관의 설치
- (5) 오염된 우수 및 매연 등에 의한 배수성 콘크리트의 공극의 부식 방지를 위한 처리 방안
- (6) 양생 방법
- (7) 줄눈의 설치 및 줄눈 보호 방안

- 2.2 유지 보수 및 공극 관리
- 2.3 품질 관리 및 검사 방법
- 2.4 경제성의 확보

배수성 포장의 개념도



3. 연구내용

본 연구내용은 시험 결과를 토대로 그 결과만을 집계한 내용이며 다음과 같다.

3.1 기층용 불투수 다짐 콘크리트의 품질 확보

기층용 불투수 다짐 콘크리트는 배수성 콘크리트와의 일체화를 위하여 기층용의 표면의 공극의 크기가 표면층에 사용하는 배수성 콘크리트의 굵은 골재 최대 치수보다 커야 하고, 불투수성이어야 하며, 개립도 배합이어야 하므로 골재의 입도 분포가 규정되어야 한다.

3.1.1 품질 목표

항 목	목표치
강 도	45kg/cm <sup>2</sup> 이상
공 극 율	5~10%
투 수 성	10 <sup>-1</sup> cm/sec 이하

3.1.2 배 합

구 분	물	시멘트	모 래	25mm-5mm 골재	혼 화 제 (지연제)	단위용적중량
DTC 200 단위재료량(kg/m <sup>3</sup> )	110	322	422	1,523	1.7	2,379

(1) 골재

골재는 다음표의 입도 범위 및 품질의 골재를 사용하였다.

① 골재 합성 입도 분포

체 크 기 (mm)	체통과 중량 백분율(%)					
	40	25	19	13	#4	#10
호수						
DTC 200	100	95-100	65-90	40-80	10-40	0-10

② 골재의 품질

가. 잔골재

항 목	비 중	흡수율(%)	안정성(%)	점토덩어리(%)	씻기손실량(%)	유기불순물	염화불함유량(%)
규 격	2.50이하	2.0이하	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10%이하	1.0이하	3.0이하	표준색이하	0.04 이하

나. 굵은골재

항 목	비 중	흡수율 (%)	마모율 (%)	안정성 (%)	점토덩어리 (%)	연석량 (%)	씻기손실량 (%)
규 격	2.50이하	3.0이하	40이하	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 12%이하	0.25이하	5.0 이하	1.0이하

(2) 시멘트

시멘트는 KSL 5201(보통포틀랜드 시멘트)을 사용하였다.

(3) 물

물은 음용이 가능한 지하수를 사용 하였다.

(4) 혼화제

혼화제는 KSF 2560의 지연제를 사용하였다.

3.1.3 시험결과

시 험 명	공극율(%)	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )	휨 강도(kg/cm <sup>2</sup> )	투수성(cm/sec)
결 과	6.2	298	52.4	10 <sup>-4</sup> 이하

3.2 배수성 콘크리트

공극의 크기(size)는 굵은 골재의 최대치수와 골재의 입도 분포에 따라 변화되는 것으로, 골재의 굵은 골재 최대치수와 입도 분포는 배수성콘크리트 포장 공법에 있어서 대단히 중요하다.

3.2.1 품질 목표

항 목	목 표 품 질
강 도	휨강도 45kg/cm <sup>2</sup> 이상
공 극 율	15%이상
투수계수	20×10 <sup>-2</sup> cm/sec 이상
색 상	적갈색

### 3.2.2 배 합

구 분	물	시멘트	20~5mm골재	혼화제(지연제)	안 료(적색)	단위용적중량
DTC 100 단위재료량 (kg/m <sup>3</sup> )	116	350	1,615	1.90	15	2,123

여기에서 골재량은 최대다짐 상태의 단위용적 중량임.

#### (1) 골재

배수성 콘크리트에 사용한 골재는 차도용을 기준으로 하여 굵은 골재 최대 치수가 19mm를 사용 하였으며 입도 범위 및 품질은 아래 표와 같다.

##### ① 골재 합성입도 분포

호수	체크기(mm)	체통과 중량 백분율(%)				
		25	19	10	#4	#40
DTC-100		100	95-100	20-60	0-10	0-5

주) 여기에서 배수성 콘크리트에 사용되는 골재는 쇄석 골재이며, 보도용의 경우에는 굵은 골재 최대치수는 8mm(이때 8mm 통과 중량 백분율은 80-100%이며 #4 및 #40 통과율은 DTC100 과 같다.)를 사용함이 바람직하다.

##### ② 골재의 품질

항 목	비 중	흡수율(%)	마모율(%)	안정성(%)	점토덩어리(%)	연석량(%)	씻기손실량(%)
규 격	2.50이상	3.0이하	30이하	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 12이하	0.1이하	1.0이하	1.0이하

#### (2) 시멘트

시멘트는 KSL 5201(보통포틀랜드 시멘트)를 사용하였다.

#### (3) 물

물은 음용이 가능한 지하수를 사용하였다.

#### (4) 혼화제

혼화제는 KSF 2560의 지연제를 사용하였다.

#### (5) 안료

안료는 필요시에만 사용하며 여기에서 안료는 적색의 무기질 안료를 사용하였다.

### 3.2.3 시험결과

시험명	공극율(%)	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )	휨강도(kg/cm <sup>2</sup> )	투수성(cm/sec)	색상(한도견본)
결 과	17.2	265	48.4	5.1×10 <sup>-1</sup>	이상부

### 3.3 합성제품의 일체화

기층용 다짐 콘크리트와 배수성 콘크리트의 일체화 여부는 현장 코아를 채취하여 판단하며, 현장 코아를 채취 시에 충격에 의한 접촉 부위가 떨어지거나, 측면 충격을 가하였을 시 정교하게 떨어져서는 안된다.

주) 충격 분리 시 분리면을 관찰하여 배수성 콘크리트가 기층에 박혀 있을 시, 정교하게 분리된 것으로 보지 않는다.

기층용 다짐 콘크리트 포설, 다짐 후 60분 이내에 배수성 콘크리트를 포설, 다짐 시 접촉부위가 떨어지는 경우는 발견되지 않았다.

### 3.4 동결 용해 저항성에 대하여

투수성 콘크리트의 동결 용해의 저항성에 대한 외국문헌을 살펴보면 기건 동결 용해 저항성 (Air-air frost resistance)과 기건 동결 수중 용해(Air-water resistance)에서는 문제가 제기되지 않았으나 수중 동결 용해 저항성(water-water frost resistance)에서는 일반 AE콘크리트에 비하여 동결 용해 저항성이 낮은 것으로 평가되고 있다.

이러한 결과, 시멘트 콘크리트는 오염된 우수와 계속 접촉하게 되면, 물과 탄산가스의 화학 작용으로 수산화 칼륨이 배출되므로, 강도하락 및 부식의 원인이 되고 있다. 일반 시멘트 콘크리트는 표면에만 물과 접촉되므로 거의 표면 부식만 일어나게 되나, 투수성 콘크리트는 내부 공극이 물과 직접 접촉하게 되어 공극의 부식이 쉽게 일어나 전체적으로 강도가 낮아지는 경향을 대기양생과 수침양생 강도 시험 비교로 쉽게 알 수 있다. 이에 따라, 수중 동결 수중 용해 저항성 실험 시 그 결과가 낮게 나타난다고 본다.

따라서, 공극에 폴리머에 의한 라이닝을 설치한 배수성 콘크리트에 있어서는 공극의 부식을 방지하게 되고, AE콘크리트와 같이 공극에 의한 수축 팽창의 저항성을 높이는 결과로 동결 용해 저항성이 높게 된다. (앞으로 연구, 보완할 과제임)

### 3.5 시험방법

#### 3.5.1 강도

콘크리트의 공시체 제작은 25mm이하의 콘크리트는  $\phi 10 \times 20\text{cm}$ 로 제작하는데  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  공시체의 제작은 지름 50mm의 원형판 위에 중량 2.5kg의 다짐봉으로 높이 300mm에서 50회, ( $\phi 15 \times 30\text{cm}$  제작 시 50mm의 원형판 위에 중량 4.5kg, 높이 450mm에서 50회) 3층 다짐을 하는데, 각층 다짐 후 스페츄라로 몰드 측면에 20~30회 침투시키며, 각층 다짐 후 다짐면을 홀트려 공시체가 층이 지지 않도록 하며, 다짐 전에는 하부에, 다짐 완료 후는 상부에 시멘트를 골고루 뿌려 가압 표면에 공극이 없도록 하며, 배수성콘크리트는 폴리머를 현장 조건과 동일하게 살포한다. 이렇게 제작된 공시체를 48시간 습윤 양생 후 해체하여 현장조건과 같이 습윤 양생 28일 후 KSF 2405(콘크리트 압축강도 시험방법)에 따라 시험을 한다.

휨 공시체 제작은 2층 다짐을 기준으로 하며, 50mm의 원형판 위에 중량 4.5kg, 높이 450mm에서 압축강도 공시체 제작시의 면적과 휨 공시체 면적을 환산하여 다짐 횟수를 정하며, 압축강도 공시체 제작방법과 동일하게 하고 28일 후 시험은 KSF 2408(콘크리트의 휨 강도 시험방법)에 따른다.

#### 3.5.2 공극율

배수성 제품의 공극율은 굳지 않은 상태의 콘크리트의 절대 단위 용적 중량과 강도시험용 공시체의 굳지 않은 상태의 단위 용적 중량과의 비로 산출하며, 투수계수의 추정치로써 제품의 관리용으로 활용할 수 있다.

주) 콘크리트의 절대단위 용적중량에서의 단위 용적 중량이란 콘크리트 1m<sup>3</sup>에서 공기와 공극이 없는 이론적 중량을 말하며 그 단위는 kg/m<sup>3</sup>이다.

◎ 공극율의 산출

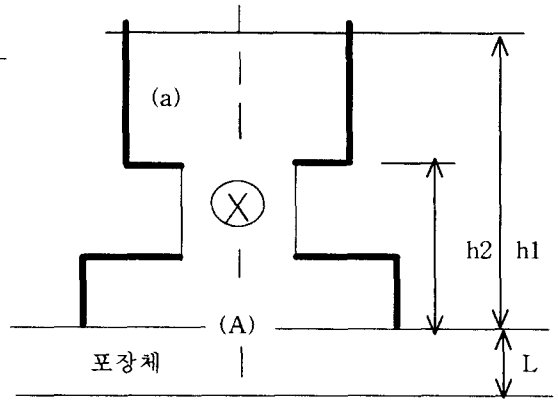
$$\text{공극율} = 100 - \left( \frac{\text{측정치 콘크리트의 단위용적중량}}{\text{절대단위용적중량에서의 단위 용적 중량}} \times 100 \right)$$

### 3.5.3 투수계수

투수시험은 정수위 투수시험 또는 현장 투수 시험방법에 따르며 투수콘크리트의 현장 투수 시험기 및 공식은 다음과 같다.

$$KP = \frac{L \times a}{A(t_2 - t_1)} \text{Loge} \frac{h_1}{h_2}$$

여기에서 : L ; 포장체의 높이  
 a ; 용기 단면적  
 A ; 투수 단면적  
 t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub> ; 투수시간  
 h<sub>1</sub> ; 시험 개시 시 수위  
 h<sub>2</sub> ; 시험 종료 시 수위



### 3.5.4 색상

발주처와 합의하에 정한다.

### 3.5.5 충격시험

합성제품의 접착력을 판단하기 위하여 시험하는 것으로서 현장에서 코아를 채취하여 함마로 충격을 주어 접착부위가 떨어지는가의 여부를 판단한다.

## 4. 공정별 결과 분석

본 결과는 다년간 투수콘크리트를 연구 및 공사를 실시하면서 축적된 기술과 배수성 콘크리트 포장공법에 대한 연구 결과를 토대로 하여 공정별로 그 결과만을(표 4-1)과 같이 분석 나열하였다.

## 5. 결론

배수성 콘크리트 포장 공법은 우수등이 포장체 내부를 통하여 배수구로 보내지는 포장으로써, 본 기술의 특징으로는 차량 통행시 물이 튀지 않으며, 흡음 효과가 있고, 공극에 따른 지속적으로 미끄럼 저항성이 높아 교통사고가 줄어들 수 있으며, 일반 투수성 포장재와 달리 우수등이 지중에 투수되지 않으므로 연약 지반에서의 동상에 따른 포장체의 파손 및 솟음이 방지되며, 칼라 도로 실현이 가능해진 도로 포장 공법이다. 배수성 콘크리트 포장 공법은 노상정비, 보조기층의 포설, 기층용 투수콘크리트의 포설 및 다짐, 살수, 배수성 콘크리트 포설과 다짐, 특수 폴리머의 살포, 양생, 줄눈설치 등의 공정으로 이루어져 완성되는 포장체로써 로라 다짐과 2층 포장으로 완성되므로 평탄성이 어떠한 제품보다 우수하며, 일반 아스콘용 휘니샤를 사용한 기술로 시공이 간편하고, 특수 폴리머로 공극을 보호하므로 오염된 우수, 매연 등으로 보호 할 수 있도록 개발된 도로 포장기술이다.

동결 용해 저항성 향상에 대하여, 폴리머 처리 공법을 좀더 연구, 보완함으로써 내구성이 우수한 새로운 차도 포장재인 배수성 콘크리트 포장공법이 국내에 활성화될 것으로 보고 있으며, 세계적인 도로포장 기술로 인정받음으로 해외에까지 확대 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- 건설교통부, "도로 포장 설계, 시공지침", 1991
- 문한영 등, 투수성 콘크리트 포장의 실용화를 위한 실험적 연구, 콘크리트 학회지 Vol.10 No.3. 1998. 6.
- 한국도로공사 도로연구소 "시멘트 콘크리트 포장의 박층 덧씌우기 공법 연구, 1995
- 한국도로공사 도로연구소 "배수성 포장연구", 한국도로공사, 1995

(표 4-1) 배수성 콘크리트 포장 공법의 공정별 결과 분석

구분	공정별	해설	사용재료	시공방법
품질 확보 및 시공 방안	노상 및 보조기층재	· 배수성 콘크리트 포장 공법에 있어서 기층용 다짐콘크리트가 불투수성 포장재이므로 노상 및 보조기층재는 일반콘크리트 포장에서와 같은 재료를 사용하며, 관리 방법도 같다.	· SB-1 · SB-2	보조기층재를 포설하고 최적함수비에서 최대 다짐을 기준으로 한다.
	↓			
	기층용 불투수 다짐 콘크리트의 품질확보 및 시공	· 3.1의 결과를 기준으로 사용재료와 환경 조건에 따라 배합설계의 실시로 배합을 설정한다.	· 3.1 참조	포장된 보조기층에 충분히 살수 후 기층용 다짐 콘크리트를 인력 또는 아스콘용 휘니샤로 포설하고 로라로 다짐한다.
	↓			
	배수성 콘크리트의 품질확보 및 시공	· 3.2의 결과를 기준으로 사용재료와 환경 조건에 따라 배합설계의 실시로 배합을 설정한다. · 기층용 다짐 콘크리트 상부에 충분히 살수하며 접착력 강화와 남아있는 공극을 처리한다. · 필요에 따라 에멀전 아크릴 수지와 물과 혼합하여 살포할 수 있다. · 필요에 따라 도로 측면에 유공관을 설치할 수 있다.	· 3.2 참조	기층용 다공성 다짐 콘크리트에 충분히 살수 한 후, 60분(하절기 30분) 이내에 배수성 콘크리트를 인력 또는 아스콘용 휘니샤로 포설하고 로라로 다짐(차도의 경우 95%이상, 보도의 경우 90%이상) 한다.
	↓			
	공극의 부식방지를 위한 특수폴리머의 살포	· 오염된 우수, 매연 등으로부터 공극부식 방지와 동결 용해 저항성 증강을 위하여 공극에 라이닝 설치를 하며, 이를 위한 특수 폴리머를 살포한다.	· 시멘트 · 에멀전 아크릴 · 물 · 고유동화제 · 안료 (착색시만사용)	배수성 콘크리트를 포설, 다짐 후 가온고 상태에서 특수 폴리머를 살포하는데 살포량은 특수 폴리머가 기층용 상부에 도달하도록 충분히 살포한다. (보도용의 경우에는 본 공정을 삭제할 수 있다.)
↓				
양생	· 콘크리트와 같은 방법으로 양생하며, 비닐을 덮고, 양생포로 관리한다.	· 비닐 · 양생포	폴리머를 살포 후 30분-60분후에 비닐 및 양생포를 덮어 1차 양생한다.	
↓				
줄눈처리	· 콘크리트와 같이 동일하게 줄눈을 설치한다. (가로, 세로<수축 및 팽창 줄눈설치>)	· 카타기 · 백업제 · 줄눈제	줄눈에 에폭시를 주입한 후 백업제 및 줄눈을 설치한다. ※ 에폭시 주입의 목적은 차량 주행 시 줄눈의 모서리 파손을 방지한다.	
유지 보수 및 공극관리	배수성 콘크리트의 공극의 관리를 위하여 진공청소차의 관리주기를 정하여 관리한다.			
품질 관리 및 검사방법	공정별로 항목, 빈도, 규격을 정하여 관리한다.			
경제성의 확보	사용재료의 배합과 시공 공정과정으로 완성되는 포장 공법으로 일반 콘크리트 포장에 비하여 공사비가 높지 않아 경제성을 확보할 수 있다.			