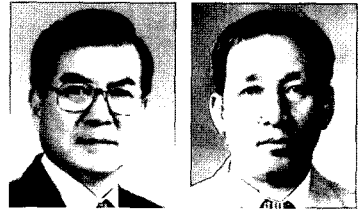


## 반강성포장의 현장시공



김 주 원 | 참여회원 · 성원건설기술사사무소 소장  
 송 철 영 | 정회원 · 후암산업(주) 신기술사업본부장

### 1. 머리말

반강성(半剛性)포장은 모체(母體)로 되는 개립도 아스팔트 콘크리트의 공극에 특수첨가제를 섞어 넣은 시멘트 밀크(cement milk, cement paste)를 채워넣어 완성하는 포장이다. 이 포장은 콘크리트포장의 강성(剛性)과 아울러 아스팔트포장의 휨성(可撓性)을 가지며, 또한 내유성(耐油性), 내열성 및 내유동성이 높고, 거기에 침투용 시멘트 밀크가 표면을 피복하고 있어 흰색에 가까운 밝은 색 포장이 되므로 교차점이나 톨게이트 부근, 버스터미널이나 정류장, 터널 내 및 주차장 등에 이용된다.

'반강성포장'이라고 하는 명칭은 1991년판 건설부 제정 '도로포장설계·시공지침'에 특수포장의 하나로 소개되어 있으나, 일본에서는 '반가요성포장'으로 부르고 있다. 일본에서 보기에 반강성포장을 영어로 번역하면 Semi-rigid pavement로 되고, 국제적으로 부르는 Composite pavement(합성포장)과 혼동되기 때문이라고 본다. 이 포장은 아스팔트포장이 주체로 되는 것이므로 Semi-flexible surface

course로 되고, 이것을 번역하여 반가요성포장으로 하고 있다.

반강성포장에는 그림 1과 같이 포장표면에서 2~3cm까지 시멘트로 고화시키는 반침투형과 전체층을 고화시키는 전침투형이 있다. 반강성포장을 차도에 이용하는 경우에는 내유동성과 내하중성을 고려하여 일반적으로 전침투형을 이용한다.

최근 우리나라는 기후의 이상고온현상과 통행차량의 정체현상으로 아스팔트포장에는 소성변형현상이 발생하여 포장의 수명이 설계기간을 채우지 못하고 보수하는 사례가 늘어나고 있으며, 콘크리트포장에

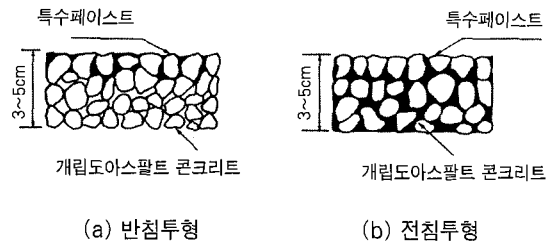


그림 1. 반강성포장의 표준단면도

는 공사의 대형화와 통행시 소음 등, 개선할 점이 한 두 가지가 아니다. 이러한 문제를 해결하기 위한 수단 하나로 반강성포장의 도입이 필요하게 되었다.

일본에서는 다양한 용도에 오래 전부터 이용되어 왔으나, 우리나라에는 최근에 이 공법이 처음 시공되어, 여기에서는 이 포장의 특성을 소개하고 최근에 시공한 현장포장 사례를 소개한다.

## 2. 반강성포장의 기원 - 살비아심포장

### 2.1 공법의 개요

살비아심(Salviacim)포장은 프랑스에서 개발된 시공법으로 1955년 '코니세크' 군용비행장의 유도도로에 사용되고, 그 후는 제트기의 발전과 더불어 각지의 활주로, 유도도로, 에이프런 등에 사용되면서 도로, 공장바닥, 또는 배수로의 피복 등에도 사용되게 되었다. Salviacim은 불어의 'Salvage(救濟)', 'Via(道路)' 및 'Cement(시멘트)'를 합성하여 만든 상표이다.

이 포장은 일종의 표면처리공법으로 모체로 되는 개립도 아스팔트 콘크리트의 상부에 첨가제(폼명, 푸로살비아)로 그 특성을 개량한 시멘트 밀크(시멘트, 채움재, 모래 및 첨가제의 혼합물)를 침투시켜, 아스팔트포장의 장점을 살리면서 그 단점을 시멘트 모르타르로 개선시키려고 한 공법이다.

모체로 되는 아스팔트 콘크리트는 포장두께가 5cm 이상의 것은 골재의 최대치수가 20mm, 3~4cm의 것은 13~10mm를 기준으로 한 개립도 아스팔트 콘크리트가 사용되었다. 최대치수 20mm의 것은 마무리면이 거칠고, 거기에 변형저항이 커서 미끄럼방지를 목적으로 한 포장에 이용되는 수가 많고, 최대치수 5mm정도의 것은 마무리면이 보기 좋고 표면의 요철이 미세하고 균일한 마무리면을 얻을 수 있어 내구성만을 목적으로 하는 장소, 또는 조명효과를 목적으로 하는 장소에 이용되었다.

### 2.2 배합

1960년대 중반에 이 살비아심포장이 일본에 도입되어 도로에 시공된 대표적인 포장단면과 배합의 일례를 나타내면 그림 2 및 표 1과 같다.

살비아심공법의 특색인 주입 시멘트 밀크의 배합은 시공장소, 결국 표면체의 사용목적과 기상상황 등에 따라 약간 달라지나 도로포장에 사용되는 경우에는 대개 표 2와 같은 시방이 기준으로 되었다. 표 2

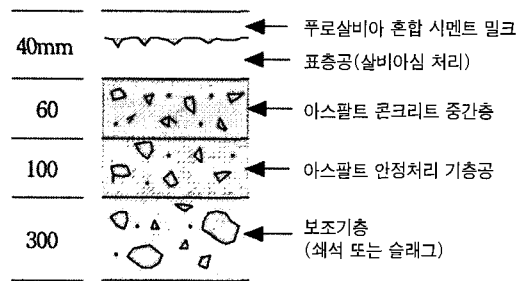


그림 2. 살비아심포장의 단면 일례

표 1. 모체 아스팔트 콘크리트의 시방

	제3京兵도로	도메이고속도	京葉도로
아스팔트량(%)	4~5	4~6	4.4~5.5
마살 안정도(kg)	360 이상	360 이상	360 이상
흐름치(1/100cm)	25 이하	24 이하	20~30
공극률 (%)	18~21	12~18	12~18
역청 공극채움률(%)	40 이상	35.3	40 이상

표 2. 주입 시멘트 밀크의 배합

원 재 료	기 준 배 합		시멘트 100일 때의 비율(%)
	(%)	중량(kg)	
포틀랜드 시멘트	36.1	50	100
혼 입 재	24.2	33	66
푸로살비아	3.6	5	10
물	36.1	50	100
합 계	100	138	
비 중	1.75		
컨시스턴시	11~12 (플로우치)		

에서 혼입재는 규산질의 것이 사용되며, 일반적으로 플라이애쉬가 사용되었다. 시멘트 밀크의 컨시스턴시의 한계는 11~12초로 하는 것이 보통이다. 측정 은 그라우트용 플로우 콘을 사용하여 밀크가 펌프에서 유출하는 시간을 측정하고, 그 초(秒)수를 플로우치(flow值)로 하고 있다.

### 2.3 시공

모체로 되는 아스팔트 콘크리트의 포설에는 가능한 한 아스팔트 피니셔로 포설하는 것이 좋고, 아스팔트포장에 적용되는 기본적인 원칙은 그대로 모체 아스팔트 콘크리트의 시공에 적용된다. 또한 다짐에는 타이어 롤러를 사용하면 모체 아스팔트 콘크리트의 눈이 막힐 염려가 있으므로 원칙으로 철륵롤러(8t 탄뎀롤러)만을 이용한다. 전압의 정도는 롤러 자국이 없어질 정도(5~10회)로 좋다.

시멘트 밀크의 혼합은 물 → 푸로살비아 → 플라이애쉬 → 규사 → 시멘트의 순서로 믹서에 투입하고, 맨나중의 배합물을 투입한 후 약 1~2분간 더 비빈다. 시멘트 밀크는 대략 혼합한 후 5분 정도 지나면 분리현상이 생기므로 신속하게 포설하지 않으면 안 된다.

밀크 시공시 포장의 온도는 30~40℃ 이하이어야 한다. 밀크의 살포는 포장면을 여러 블록으로 나누어 항상 균등한 주입이 되도록 하면서 주입량을 체크한다. 밀크의 살포는 고무 레이키를 이용하여 균일하게 퍼나가거나 경우에 따라서는 압축공기를 불어주는 등, 적당한 방법으로 소정의 깊이까지 침투시킨다.

다짐은 진동롤러 또는 콤팩션 롤러(1~2t) 정도의 것을 사용하고, 밀크의 살포에 따라 쉬지 않고 지그재그로 균일하게 시행한다. 침투깊이는 포장면의 조건에 따라 다르나 15~25mm 정도로 한다.

마무리는 콘크리트포장의 표면마무리와 동일하게 시행한다. 이 때 밀크가 굳기 시작하면 마무리하기가 어렵게 된다.

양생은 콘크리트포장에 준하여 시행한다. 다만, 살

수양생은 필요치 않다. 살비아심포장은 시공 후 24~48시간으로 교통에 개방할 수 있으나, 일반적으로 3일, 될 수 있으면 1주간정도 양생기간을 둔다.

### 2.4 특성

살비아심포장의 특성은 다음과 같은 것을 들 수 있다.

① 반강성포장이므로 아스팔트포장에 비하여 높은 관입(貫入)저항성을 얻을 수 있다.

② 시공준비가 없으므로 콘크리트포장에 비하여 주행성은 좋으나, 시공이 인력 마무리이므로 기계시공의 아스팔트포장보다는 아무래도 떨어진다.

③ 모체 아스팔트 콘크리트 위에 불투수층을 두는 것과 같은 형태로 되어 불투수성능이 좋다.

④ 아스팔트포장 특유의 낮은 내유(耐油)성능을 개선할 수 있다.

⑤ 표층에 반강성체를 두는 것이 되므로 내열성(耐熱性)을 증가시킬 수 있다.

⑥ 표층이 백색이므로 밝은 색 포장(明色鋪裝)이나 안료를 넣어 칼라포장으로 만들 수 있다. 그러나 사용연수가 지나면 사용골재의 색깔이 나타나므로 그것에 따라 좌우된다.

⑦ 거의 콘크리트포장과 같은 미끄럼 저항성을 가지며, 굵은 골재의 선정에 따라서는 콘크리트포장 이상의 저항성을 나타낸다. 그러나 밀크를 다량으로 살포하거나, 최대치수를 잘 못 선정하면 그 효과가 현저하게 떨어지는 경우가 있다.

## 3. 일본의 반강성포장 사례

일본에서 반강성포장의 시공 사례는 1960년대에는 프랑스의 특허공법인 살비아심공법을 들여와 적용하였다. 그후 특허기간이 해제되고 이 공법의 장점이 부각되면서 몇몇 회사에서는 자체적으로 개발한 첨가제를 사용하여 1970년대 후반부터 교차점이나 톨게이

트 부근, 버스 터미널이나 정류장, 터널 내 및 주차장, 공항 유도로 등 다양한 용도에 그 적용이 보고되고 있다. 최근에는 그 적용이 점차 확장되고 있어 여기에서는 발표된 문헌을 중심으로 그 사례를 알아본다.

### 3.1 버스 터미널에 적용 사례

#### (1) 개요

완전한 정지하중이 작용하는 버스정류장에서는 전형적인 부분변형이 발생하여 이것이 강우 시에는 물이 채이어 승객이나 보행자에게 물을 튀게 하고, 주행하는 자동차에게 진동을 주는 원인이 된다. 버스정류장에는 하중작용이 달라 일반적인 포장구조설계방법으로는 대처할 수 없는 것이 분명하게 되었다. 이러한 이유에서 트럭터미널, 컨테이너 야드 또는 공장내 포장으로 널리 채용되고 있는 반강성포장의 적용을 고려하게 되었다.

#### (2) 실내시험 결과

① 반강성체에 대한 일축압축강도 시험결과 20℃ 이하에서는 시멘트 안정처리 혼합물(재령 7일,  $q_u=30\sim70\text{kgf/cm}^2$ )과 거의 유사하다.

② 휠 트랙킹 시험결과, DS값도 크고, RD값도 거의 0에 가까워 이 시험은 의미가 없다.

③ 포장체의 온도분포를 조사한 결과, 반강성포장에 사용하는 시멘트 밀크는 첨가체에 따라 마무리면의 색깔이 달라, 유지계 수지는 다갈색으로 되고, 고무계 수지는 회색으로 된다. 따라서 아스팔트포장 보다는 고온화 방지에 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다. 이에 따라 반강성포장은 층내의 온도상승도 방지하는 효과가 있어 변형에 대한 저항성을 더욱 갖게 될 것이다.

#### (3) 시공

1개 공구는 4cm씩 2층 시공으로 조강 시멘트에 의한 밀크를 사용하고, 다른 공구는 8cm의 1층 시공으로 보통 시멘트에 의한 밀크를 사용하였다.

#### (4) 시공후 공용 8개월 후의 추적조사 결과

① (노면변형) 콘크리트 슬래브에 지지된 부분도 있어 전체적으로 압축된 형태로 되어있다. 변형량은 육안으로 판별할 수 없을 정도로 작았다.

② (균열) 표면에 얇은 층으로 모르타층이 남아있는 구간은 표면에 헤어크랙이 보인다. 그러나 표면의 밀크를 완전히 제거하고 골재를 노출시킨 구간은 헤어크랙이 보이지 않았다. 그러나 전체적으로 구조적인 균열은 그 후의 추적조사에서도 발견되지 않았다.

③ (미끄럼 저항) 전반적으로 아스팔트포장과 대등한 미끄럼 저항치(BPN)로 되었다.

#### (5) 경제성

도쿄도(東京都)의 설계단가로 계산하여 아스팔트포장의 시공비를 1로 보았을 때 반강성포장의 초기 시공비용은 2.6배, 급속시공에서는 3배로 된다. 그러나 시공비용이 높은 점은 내용연수로 충분히 카바된다. 장기적으로 보면 오히려 아스팔트 콘크리트포장보다 경제적이다.

### 3.2 고속도로 요금소 부근에 적용 사례

#### (1) 개요

고속도로의 요금소 부근은 자동차의 제동, 정지, 발진 및 자동차의 오일 떨어짐 등 포장에는 가혹한 조건의 장소 중 하나이다. 그 때문에 수도고속도로공단에서는 과거부터 내유동성, 내유성(耐油性)이 우수한 반강성포장으로서 살비아심포장을 채용하여 왔다. 최근에 이것을 대체할 수 있는 국내 공법이 각 포장회사에서 개발하여 시공실적이 증가하고 있다.

#### (2) 단시간 시공을 목표로 한 설계

여기에서는 두께 6cm의 개립도 아스팔트 콘크리트를 모체로 하고, 시멘트 밀크는 전침투형으로 하고 있다. 단시간 시공 및 교통개방을 목표로 할 때, 시멘트 밀크의 양생시간에 좌우되고 이에 대한 대응이 필

요하다.

시멘트 밀크의 양생시간은 보통 24시간 이상이 필요하다고 되어 있으나, 이 현장에서는 3시간정도 밖에 확보할 수 없는 현상이다. 이러한 시간적인 제약으로 일반적인 반강성포장용 시멘트 밀크를 개량하여 초속경 시멘트를 주체로 한 것 1종과 보통 포틀랜드 시멘트에 급결제를 첨가한 것을 주체로 한 것 2종으로 각각 시공하였다.

### (3) 배합

모체가 되는 개립도 아스팔트 콘크리트의 골재 입도범위는 '아스팔트포장요강'에 나와있으나, 이 공사에서는 각사에서 정하고 있는 입도에 따르는 것으로 하고, 전침투형이므로 공극률은 25% 전후, 아스팔트량은 3.5% 전후, 골재 최대치수는 13mm로 하였다.

또한 시멘트 밀크의 배합에 대하여는 각사별로 배합을 정하고 있다.

### (4) 시험 결과

① 시멘트 밀크의 플로우시험으로부터 혼합사에서 살포시까지의 가사시간(可使時間)은 30분정도까지 보증할 수 있다. 다만, 초속경 시멘트를 주체로 한 것은 가사시간이 대단히 짧다.

② 시멘트 밀크의 침투성에 대해서는 모체가 되는 아스팔트 혼합물의 온도가 높아짐에 따라, 또한 포장체의 밀층으로 갈수록 침투율이 떨어지는 경향을 나타내고 있다. 여름철 시공이나, 포설 후 양생시간을 단축하여 60℃에서 시멘트 밀크를 살포하여도 그다지 문제로 되지 않을 것으로 생각된다.

③ 시멘트 밀크의 휨강도나 압축강도는 재령 3시간의 강도는 3일 강도의 1/3정도밖에 생기지 않으며, 강도의 발현은 재령 24시간 이후에 이루어진다.

④ 휠 트래킹시험에 의한 동적안정도는 대단히 큰 값을 나타낸다.

⑤ 시멘트 밀크의 초기균열 발생유무에 대해서는 시멘트의 안정성시험결과 문제없는 것으로 판명

되었다.

⑥ 내유성에 대해서는 3일간 기름에 담근 시험에서도 포장체에 지장을 줄 정도의 영향은 없고, 거의 양호하다.

이상과 같은 사실로부터 여기에 시공한 반강성포장은 시멘트 밀크 살포시의 모체 아스팔트 콘크리트의 온도와 혼합으로부터 살포까지의 시멘트 밀크의 가사시간에 충분히 주의를 기울이면 양생 3시간으로 교통개방에 충분하다고 생각된다.

수도고속도로공단에서는 1985년에 본선의 집중요금소 4개소의 재포장(1개소당 약 5,000㎡)을 반강성포장으로 시행하고, 무사히 완료하였다. 하루종일 교통규제를 할 수 없다고 하는 제약으로 하루에 약 800㎡의 재포장을 시행하고, 요금소 1개소당 7일정도로 완료하게 되었다.

## 3.3 터널 내에 적용 사례

### (1) 개요

국도 간선도로상의 터널(2차로) 내 콘크리트포장의 보수공법으로 반강성포장을 채택하여 시공한 사례이다. 해당지역은 적설한랭지역으로 스파이크 타이어를 사용하는 자동차의 통행으로(일평균 교통량 14,400대) 노면의 마모가 많고, 기존 터널이므로 공사 중에도 일반교통을 확보해야 되고, 시공후 조기에 교통을 개방해야 되는 조건에서, ① 시멘트 콘크리트에 의한 전면재포장, ② 아스팔트에 의한 덧씌우기, ③ 반강성포장의 세 공법을 검토하고 교통안전, 조기교통개방이라는 관점에서 반강성포장공법을 선정하여 시공하게 되었다.

### (2) 시공개요

평균 두께 7cm의 개립도 아스팔트 혼합물을 모체포장으로 하고, 포설한 혼합물의 온도가 40℃ 이하가 되었을 때, 시멘트 밀크를 콤팩터로 진동을 주면서 주입하고, 고무 레이키로 긁으며, 빗자루로 표면을 마무리하였다.

모체 아스팔트포장은 공극률 23% 전후로 설정하고 골재 최대치수 20mm, 아스팔트량 3.6%로 하여 포설하고, 다짐은 머캐덤 롤러 6회로 하였다.

시멘트 밀크의 배합은 목표 플로우치 30초에 해당하는 물·시멘트비를 55%로 정하여 이것으로 공시체를 만들어 압축강도시험을 하였다. 초속경 시멘트를 사용하고 3시간 양생으로 100kgf/cm<sup>2</sup> 가까운 압축강도를 얻었다.

### (3) 추적조사 결과

반강성포장에 의한 터널 내 포장보수공사를 실시하고, 1년 넘게 경과한 시점에서 추적조사를 시행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

① 공사비는 세립도 갭 아스팔트포장의 약 2.5배가 소요된다.

② 공기는 하루에 한쪽 차로를 약 24시간의 교통차단으로 개방할 수 있다.

③ 마모량은 세립도 갭 아스팔트 혼합물의 약 2/3, 콘크리트포장의 약 1.5배이다.

④ 미끄럼저항은 세립도 갭 아스팔트 혼합물과 거의 같다.

⑤ 포장표면균열은 기존 콘크리트포장 슬래브의 줄눈과 같이 거의 전면적으로 발생하는 모양이다.

⑥ 포장표면의 밝기는 건조상태에서 시멘트 콘크리트포장과 같고, 아스팔트포장의 약 1.5배, 습윤시에는 아스팔트포장의 건조시와 거의 같다.

공사비에 대하여서는 문제가 있으나, 터널 내 포장에는 유효하다고 인정할 수 있다.

## 3.4 공항 포장에 적용 사례

### (1) 개요

공항의 아스팔트포장에는 대형 제트 항공기가 취항하는 공항의 유도로, 에이프런이나 지상지원차량통행로, 기재적치장에서 소성변형과 같은 과대한 변형이 생기는 경우가 있다. 이의 보수재료로 내유동성이 좋고, 공사에 따르는 시설 폐쇄기간을 단축할 수

있는 반강성포장에 착안하여 실내시험과 시험시공으로 검토하였다.

### (2) 시험시공

시험포장은 A구간과 C구간으로 나누어, A구간은 두께 10cm에 반강성포장, C구간은 10cm의 밀입도 아스팔트 콘크리트 위에 10cm의 반강성포장을 시공하였다.

모체 아스팔트 혼합물은 마샬 안정도 350kg 이상, 공극률 25%를 목표로 하고 아스팔트는 개질 아스팔트 II형을 사용하였다.

또한 시험포장에는 반강성포장층 전체 두께에 걸쳐 커터로 줄눈을 넣었다.

### (3) 재하시험 실시

시공 후 1주간의 시점에서 대형 제트 항공기인 B747의 주각(主脚)하중을 1,000회까지 반복주행 재하시험을 실시하였다. A, C구획 모두 반복 주행재하의 영향은 현저하게는 보이지 않았다. 어느 계측시기에 있어서나 FWD에 의한 최대 치짐은 중앙부, 갓부분, 모서리부 순으로 크게 되어있는 것으로부터 반강성 재료에 의한 덧씌우기층에 줄눈을 둔 경우에는 구조설계에서 줄눈에 의한 재하위치의 영향을 고려할 필요가 있다고 생각된다.

### (4) 이 사례에서 얻어진 결론

① 반강성포장에 의한 덧씌우기 두께는 다층탄성이론을 이용하여 포장 각층의 변형률 값을 계산하고, 줄눈을 고려하기 위하여 1.1~1.2배 한 것을 기준치와 비교하여 덧씌우기 필요 두께를 계산하면 좋다.

② 반강성포장층의 탄성계수의 설계용 값으로는 유도로, 에이프런, 기자재 운반통로 등에 대하여 3,000MPa(30,000kgf/cm<sup>2</sup>)를 사용하면 좋다.

## 3.5 시공 후 12년간 추적조사 예

일본의 일반국도 246호선 厚木시 金田교차점에서

1987년에 소성변형 대책으로 반강성포장을 시공하고, 12년간에 걸친 추적조사를 실시한 결과의 보고이다.

(1) 반강성포장의 시공개요

공사를 시행한 장소는 부근의 공업단지로 향하는 대형차(약 3,200대/일)로 하루 종일 교통정체를 일으키고, 신호에 의한 자동차의 정지·발진이 반복되어 유동에 의한 소성변형이 빈번하게 발생하여 매년 유지보수공사를 시행하는 장소이었다.

여기에 1987년에 면적 717㎡, 두께 5cm로 다음과 같이 초속경형 반강성포장을 시공하였다.

① 모체 아스팔트 콘크리트는 최대치수 13mm의 개립도형으로 공극률 20~28%를 확보할 수 있는 입도로 하고, 아스팔트량은 3.5%로 하였다.

② 침투용 시멘트 밀크는 작업성을 고려하여 경화까지의 시간을 60분 지속하고, 플로우치가 10~11초로 되는 배합을 선정하였다. 여기에 사용된 시멘트 밀크의 배합은 보통 포트랜드 시멘트 45.5%+속경제(상품명, 코오카 S) 17.0%+특수첨가제(상품명, DT-1) 5.1%+물 32.4%이었다.

③ 시공은 첫째 날에 기존포장을 5cm 절삭하고, 2, 3일째에 모체 아스팔트 혼합물을 포설한 후, 초속경 시멘트 밀크를 침투시키고, 3시간 양생후에 교통에 개방하였다. 개방시 반강성포장체의 휨강도는 12kgf/cm<sup>2</sup>, 압축강도는 35kgf/cm<sup>2</sup>이었다.

(2) 추적조사 결과

① 시공전 벤켈만 빔에 의한 처짐량은 C<sub>20</sub>=0.42mm이고, 시공직후는 0.35mm, 시공 1~8년후에는 0.2mm로 진행되다가, 10년 후에는 0.39mm로 처짐량이 증가하고 있다.

② 횡단형상에 의한 소성변형은 시공전 조사에서 최대 57mm, 최소 29mm로 평균 39.1mm이었다. 시공후 8년까지는 거의 직선적으로 나타나고, 8년부터 소성변형량의 증가율이 크게 되어, 12년경과

후의 소성변형량은 18.1mm로 도로유지보수요강의 보수여부 판단목표치인 30~40mm에는 미달이었다.

③ 평탄성 조사에 의한 표준편차( $\sigma$ )는 시공전 조사에서 5.29mm로 도로유지보수요강의 보수여부 판단목표치 5.0mm를 상회하고 있다. 시공 5년후까지는 완만한 변화로 6년후부터 서서히 증가하여 12년후에 4.47mm로 되었다.

④ 미끄럼 저항치 BPN<sub>20</sub>은 기존 아스팔트포장과 반강성포장 시공직후는 63, 아스팔트 피막이 노출된 1년후는 61로 떨어지고, 그 후 증가하는 경향을 보였다.

⑤ 노면의 조도(粗度, 거칠기)는 시공 4년후까지 거칠고, 그 후 거의 비슷한 경향이다.

⑥ 육안조사에 의하면 시공전 아스팔트포장의 유동은 포장표면에서 약 13cm 깊이의 중간층까지 미쳐있다. 반강성포장의 노면성상은 8년째까지는 양호하였으나, 8년경과 후의 조사 때에 보이지 않았던 통행차량부의 바퀴자국과 균열이 진행되고, 10년후에 균열률이 10.2%로 되고, 12년후에 29.4%로 나타났다.

⑦ MCI(유지관리지수) 평가식에 의해 구한 포장공용성은 8년째부터 MCI가 떨어지고, 12년후에 3.9로 되었다. 이 결과로부터 차츰 보수가 필요한 것으로 나타났다.

(3) 결과의 정리

중(重)교통 도로인 시공현장은 매년 유지보수공사를 시행해온 장소이나, 반강성포장을 적용함으로써 12년 동안 큰 유지보수공사 없이 양호한 노면을 유지할 수 있었던 것은 기반(基盤) 지지력과 반강성포장이 함께 한 결과라고 생각된다.

이러한 사례로부터 반강성포장의 세 가지 요소는, ① 적절한 포장기반의 구축, ② 모체 아스팔트 혼합물의 적절한 공극률 확보, ③ 침투용 시멘트 밀크의 침투 및 지속성 있는 유동성과 교통개방에 필요한 강도의 확보를 기본으로 한 시공이 중요하다.

## 4. 반강성포장의 품질기준

### 4.1 모체 아스팔트 혼합물의 입도와 배합

반강성포장용 아스팔트 혼합물에 이용하는 재료는 일반적인 아스팔트 혼합물용 재료에 따르고, 배합설계도 마샬방법에 준한다. 이 때 마샬시험성차가 목표치를 만족하여도 아스팔트량이 많으면 시공시 분리를 일으키거나, 시멘트 밀크가 충분히 침투하지 않는 경우가 있으므로 아스팔트량을 결정할 때는 주의하여야 한다.

한국도로교통협회 발행 '아스팔트포장 설계·시공요령(1997)'에 나와있는 혼합물의 골재 입도범위는 표 3과 같으며, 배합설계에서 마샬기준은 표 4와 같다. 표 3의 일본도로공단 입도 중 I형은 일반지역에 적용하고, 시공두께 4cm를 표준으로 하며, II형은 마모를 받는 지역에 적용하고 최대치수 20mm로

표 3. 혼합물의 골재 입도범위

체 크기	'설계·시공요령'의 입도		'일본도로공단'의 입도	
	I형	II형	I형	II형
통과				
26.5mm	-	100	-	100
19	100	95-100	100	93-100
13.2	95-100	35-70	93-100	40-70
중량				
4.75	10-35	7-30	14-32	12-30
2.36	5-22	5-20	9-22	7-20
백분율				
0.6	4-15	4-15	6-14	6-14
0.3	3-12	3-12	5-12	5-12
0.15	-	-	4-8	4-8
0.075	1-6	1-6	2-6	2-6
아스팔트량, %	3.0~4.5		3.0~4.2	2.7~3.9
시멘트밀크의 최대침투두께	5cm 전후	10cm 전후	4cm	5cm

표 4. 마샬시험 기준

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	안정도 (kg)	흐름치 (1/100cm)	공극률 (%)	다짐횟수 (회)
1.90 이상	300 이상	20~40	20~28	50

시공두께 5cm를 표준으로 한다. 참고로 최근 일본도로협회에서 발간한 '포장시공편람(2001)'의 내용도 '아스팔트포장 설계·시공요령(1997)'과 동일하다.

### 4.2 침투용 시멘트 밀크

침투용 시멘트 밀크에는 보통형, 조강형 및 초속경형이 있다. 일반적으로 보통형은 보통 포틀랜드 시멘트를, 조강형은 조강 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 초속경형은 초속경 시멘트, 또는 앞의 시멘트에 첨가제로서 급경화제를 첨가한 것을 사용한다. 침투용 시멘트 밀크의 일반적인 성상은 표 5와 같다.

표 5. 침투용 시멘트 밀크의 일반성상

항 목	설계·시공요령	일본도로공단
플로우치(1,725ml)(초)	10~14	9~13
압축강도(20℃, 7일양생)(kg/cm <sup>2</sup> )	100~300	150~360
휨강도(7일양생)(kg/cm <sup>2</sup> )	20 이상	-

첨가제의 첨가량은 일반적으로 제품의 종류에 따라 결정되므로 물·시멘트비를 변화시켜 목표로 하는 플로우치를 만족하는 배합을 선정한다. 배합이 선정되면 강도시험으로 강도를 확인하여 두는 것이 좋다.

또한 교통개방까지의 양생시간은 표 6과 같다.

표 6. 교통개방까지의 양생시간 예

시멘트 밀크의 종류	양 생 시 간
보 통 형	약 3일
조 강 형	약 1일
초 속 경 형	약 3시간

### 4.3 반강성포장체

우리나라에서는 반강성포장의 시공실적이 없고,



품질기준이 제정되어 있지 않은 것이 현실이다. 여기에서는 일본도로공단의 시공요령(안)에 나와있는 반강성 혼합물의 품질을 표 7에 나타낸다.

표 7. 반강성 혼합물의 품질

휨강도(kgf/cm <sup>2</sup> )	25 이상
휨 과단변형률	3×10 <sup>-3</sup> 이상

주) 시험온도 20℃, 재령 7일  
공시체 크기 5×5×20cm  
스팬 20cm, 중앙재하방식

## 5. 현장 시공

### 5.1 개요

울산광역시 남구청에서 시행하는 옥동양공장 건립 공사에 포함되어있는 주차장포장공사에 반강성포장을 시행하게 되었다. 반강성포장의 개요는 다음과 같다.

제1 주차장(대형차 주차장) : 면적 20.77a (두께 5cm, 전침투형)

제2 주차장(소형차 주차장) : 면적 14.42a (두께 4cm, 반침투형)

제3 주차장(소형차 주차장) : 면적 22.15a (두께 4cm, 반침투형)

또한 주차장포장의 전체 단면은 노상 위에 보조기층(부순돌) 30cm+기층(아스팔트 안정처리 혼합물) 10cm+표층(반강성포장) 5cm로 되어있다.

반강성포장의 현장시공은 2004. 8. 16부터 8. 22.까지의 기간에 후암산업(주)에서 실시하였다.

### 5.2 배합

#### (1) 모체 아스팔트 혼합물

'아스팔트포장 설계·시공요령(1997)'의 I형 입도(표 3)에 따르는 것으로 하고, 표 4의 마찰시험 기준에 따라 모체 아스팔트 혼합물의 배합시험을 실시

표 8. 모체 아스팔트 혼합물의 배합

		기 준	시 험 결 과
입 도	체크기	통과중량백분율 (%)	
	19mm	100	100
	13.2	95~100	98
	4.75	10~35	25
	2.36	5~22	16
	0.6	4~15	10
	0.3	3~12	7
	0.075	1~6	4
아스팔트량(%)		3.0~4.5	3.7
마 찰 시 험	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	1.90 이상	2.01
	안정도 (kg)	300 이상	650
	흐름치(1/100cm)	20~40	27
	공극률 (%)	20~28	21
	다짐횟수 (회)	50	50

표 9. 시멘트 밀크의 배합 및 성상

		재 료 명	배 합 비(%)
배 합		포틀랜드 시멘트	60.0
		규 사	12.0
		첨가제 (1)	2.0
		첨가제 (2)	0.5
		안 료 (적색)	2.5
		물	23.0
성 상	항 목	시 험 값	
		플로우치 (초)	12
		압축강도(7일, kgf/cm <sup>2</sup> )	210
	휨강도 (7일, kgf/cm <sup>2</sup> )	35	

하였으며, 입도 및 마찰시험 결과는 표 8과 같다.

#### (2) 시멘트 밀크의 배합

이번 공사에 사용한 시멘트 밀크(페이스트)의 배합 및 성상은 표 9와 같다.

### 5.3 시공

금번 현장에서 작업은 재료의 정확한 계량을 위하여 별도로 제작한 용량 200 l 의 믹서에 시멘트 4포를



사진 1. 모체 아스팔트 혼합물의 포설



사진 3. 시멘트 밀크의 주입



사진 2. 시멘트 밀크의 플로우 시험

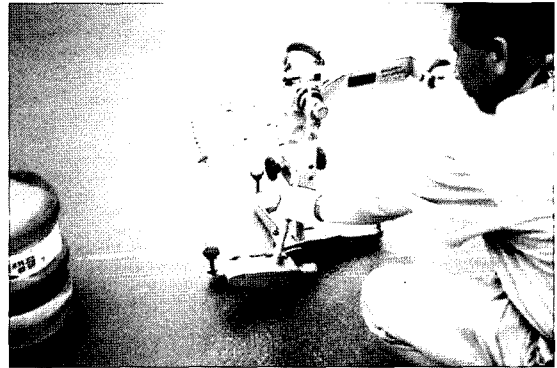


사진 4. 포장면의 미끄럼측정 시험

기준으로 하여 물은 계량기를 부착한 탱크에서 투입하고, 그 밖의 재료는 비닐팩으로 미리 계량하여 포대로 투입하였다. 혼합에는 콘크리트용 믹서는 믹서 날개의 회전속도가 느려 사용할 수 없어 그라우트용 믹서를 사용하였다. 앞으로는 작업의 신속화와 계량의 정확성을 기하기 위하여 물과 액체 첨가제를 제외하고는 미리 프리믹스한 것을 비닐팩에 포장하여 사용할 계획이다.

혼합된 시멘트 밀크의 살포량은 칫두두께 5cm, 전 칫투형일 경우, 공극률 21%에 80%가 채워진다고 예상하여 계산으로 얻어진 8.4 l/m<sup>2</sup> 전후로 단위면적당 밀크를 노면에 붓고, 고무레이키로 편 후, 진동롤러와 진동콤팩터로 다지고, 특수 제작한 브러쉬가 부착된 표면마무리기로 마무리하였다.

시멘트 밀크의 칫투는 잘되는 편이어서 반칫투형에서는 진동을 적게 하면서 단위면적당의 밀크의 살

포량을 조절하도록 하였다.

이번 공사를 통하여 얻어진 반강성포장체의 성상은 시험결과 표 10과 같이 나타났다.

표 10. 반강성 포장체의 성상

항 목	시 험 값
휨강도 (7일, kgf/cm <sup>2</sup> )	28
휨파단 변형률	8×10 <sup>-3</sup>
동적안정도 (회/mm)	18,000
미끄럼 저항치(BPN)	70

## 6. 맺음말

반강성포장에 대한 전반적인 소개와 이번에 처음 시행한 현장시공에 대하여 기술하였다. 본문에도 서

술한 바와 같이 초기 시공비는 모체로 되는 아스팔트 포장에 시멘트 밀크의 침투공정이 가미되어 아스팔트 포장에 비하여 고가로 되는 것은 불가피한 일이나, 유지비용과 공용수명을 감안하면 오히려 경제성이 있어 앞으로 이 공법이 다양한 장소에 적용될 수 있을 것이다. 예컨대 최근 시공되고 있는 대도시의 버스 전용차로 같은 곳에는 매우 적합한 포장공법이 될 것으로 생각한다.

선진국에서는 최근 지구온난화와 환경개선효과를 고려하여 이 포장공법을 더욱 발전시켜 보수성(保水性) 포장으로 활용하는 공법이 개발되고 있다. 지난 여름철 혹심한 이상고온을 겪으면서 아스팔트 포장의 열기(熱氣)를 내릴 수 있는 포장공법이 활용되고 있다는 문헌을 접하면서 반강성포장에 대한 흥미를 새삼 갖게 된다. 앞으로 더욱 연구 개발하여 공사비도 줄이고 도로환경개선에 이바지할 수 있는 기술로 발전시키고자 한다.

참고문헌

1) 건설부, 도로포장 설계·시공지침, 1991.

2) 松野三朗 외, 鋪裝技術의 質疑應答(제2권), 建設圖書, 1974  
 3) 達下文一 외, 半剛性鋪裝 등에 의한 버스 터미널에서 路面變形 防止對策工法の 일례, 鋪裝, 1982. 2월호  
 4) 阿保進 외, 超速硬 시멘트 밀크를 사용한 半剛性鋪裝 - 首都高速道路 料金所 附近的 再鋪裝 -, 鋪裝, 1986, 6월호  
 5) 小室彬 외, 半剛性鋪裝에 의한 터널 내의 鋪裝修繕, 鋪裝, 1987, 4월호  
 6) 坪川將丈 외, 半剛性材料에 의한 空港 아스팔트 鋪裝의 補修設計, 鋪裝, 2003, 9월호  
 7) 相子榮吉 외, 超速硬型 半剛性鋪裝의 12년간에 걸친 追跡調査와 그 후의 展開, 鋪裝, 2000, 6월호  
 8) 한국도로교통협회, 아스팔트포장 설계·시공요령, 1997  
 9) 日本道路協會, 鋪裝施工便覽, 2001  
 10) 川野敏行, 鋪裝技術의 質疑應答, 제7권(상), 建設圖書, 1997

학회지 광고접수 안내

본 학회지에 게재할 광고를 모집합니다. 우리 학회지는 계간으로 매회 1,800부를 발간하여 회원과 건설관련 기관에 배포하고 있습니다. 회사 영업신장과 이미지 제고를 원하시는 업체는 우리 학회지를 이용하시기 바랍니다.

광고료 : 표 2, 표 4(300만원)

표 3, 간지(200만원)

※ 상기금액은 연간(4회)광고료임.

사단법인 한국도로학회

전화 (02) 558-7147 전송 (02)558-7149