

새로운 반강성포장의 개발과 시공방법 - I

Development and Construction Methods of A New Semi-Rigid Pavement - I

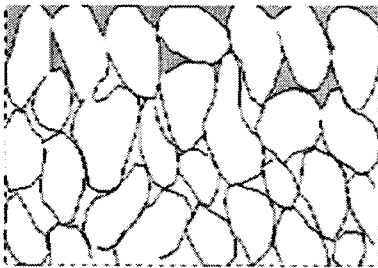
허 정 도 · 김 태 형**

Huh, Jung Do · Kim, Tae Hyung

1. 서 론

통상적 개념의 반강성포장이란 다량의 조골재와 소량의 세 골재를 아스팔트와 혼합하여 개립도 아스팔트포장을 시공하여 20-28% 정도의 공극을 확보한 후, 포장표면에서 공극 내부에 침투용 시멘트밀크를 주입시켜 공극을 채우고, 이를 경화시킨 포장을 말한다. 상기 포장은 1950년대 후반에 프랑스에서 개발된 후, 1960년 초반에 일본에 전수되었으며, 2004년도에는 일본으로부터 국내에 도입이 되었다. 상기 포장은 아스팔트포장의 연성과 콘크리트포장의 강성이 복합적으로 작용하여 내구성을 향상시킨 포장이다. 이러한 반 강성포장에는 개립도 아스팔트표면에서 2-3cm까지 시멘트로 침투시킨 반 침투형과 4-10cm까지 전체 층을 침투시킨 전 침투형의 두 다른 포장이 있는데, 반 침투형포장은 비교적 경차량의 주행에 적용되며 공극이 20% 전후이다. 전 침투형포장은 중차량의 주행이 빈번한 차도에 적용되며 공극이 25%이상이어야 한다. 공극을 높이면 시멘트밀크의 침투가 쉬워져 전 침투가 가능해진다. 아래 그림 1에 반 침투형과 전 침투형 반강성포장을 도식적으로 나타내었다.

<반 침투 형>



<전 침투 형>

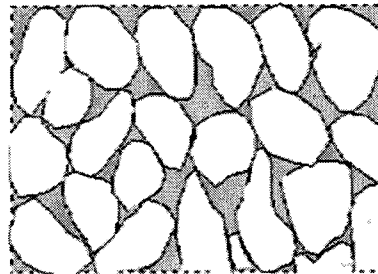


그림 1. 반강성포장의 시멘트 밀크 주입 전후의 상태.

2. 기존 반강성포장의 특징과 단점

반강성포장의 특징으로서는 첫째, 역학적 강도가 우수하다. 즉, 마찰안정도가 2000-2800kgf 으로 일반 아스팔트포장의 2배 이상이다. 또한 휠트래킹 시험의 동적안정도가 13,000-63,000회/mm로 내유동성 목표치를 훨씬 상회한다. 뿐만 아니라 고온과 저온에서의 압축강도는 아스팔트혼합물보다도 훨씬 우수하다. 따라서 내

* 정회원 · (주)뉴페이브 대표이사 · 공학박사 · 032-573-6631 (Email : jung_huh@hotmail.com)

** 정회원 · (주)뉴페이브 연구원 · 공학석사 · 032-573-6631 (Email : kimth@nate.com)



유동성과 내하중성이 극히 뛰어나므로, 소성변형이 자주 발생하는 교차로부분, 버스정류장, 유료도로의 요금소, 중 차량 전용차로(1일 한방향 대형차 교통량이 3000대이상인 경우를 중 차량 전용차로라 하며, 여기서 대형차란 율하중 5톤 이상이거나 총중량 20톤 이상인 차량을 말함), 컨테이너 야적장 등의 포장에 적합하다. 둘째로 유류의 침투에 저항하는 내유성과 불에 쉽게 타지 않는 내연성이 좋아 주유소포장에 적합하다. 셋째로 반강성포장은 흰 색에 가까워 노면이 밝은 색이 됨으로 명색성이 우수하다. 따라서 경관을 중시하는 곳에는 안료를 섞어 칼라 반강성포장을 시공할 수 있다. 안료 칼라 반강성포장은 시멘트의 백화현상으로 인해 색상이 약간 퇴색한 느낌을 주는 특징이 있다. 넷째, 장수명포장은 역학적 강도가 우수한 기층재료를 필요로 함으로 장수명포장의 기층재료로 최적이고, 내마모성이 뛰어나므로 일반포장의 표층 및 기층재료로도 우수하다. 다섯째, 아스팔트포장과는 달리 수분에 의한 포장의 손상이 거의 없다(수정마찰시험 결과와 마찰시험결과가 동일함). 여섯째, 표면에서 미끄러지기 쉬운 결점이 있음으로, 실리카 샌드를 시멘트밀크에 혼합하여 사용하거나 표면에 골재의 요철이 나타나도록 시공에 유의해야 한다. 아래 표 1에 반강성포장의 용도를 특성별로 나타낸다.

표 1. 반강성포장의 용도

특성	용도
하중 저항성	하적장, 컨테이너 주차장, 공장, 차고, 등판차선
내유성	톨게이트, 주차장, 주유소
내열성	공항 활주로
명색성	상가 및 공원, 터널
내유동성	버스정류장, 등판차선, 중교통도로의 표층, 모든 아스팔트포장의 기층포장.
유색성	상가보도, 유원지 도로

기존의 반강성포장의 단점과 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

1. 시멘트밀크의 주입을 위한 특수 피니셔 장비가 추가로 필요하다.
2. 공극내부의 공기로 인해 침투가 어려울 때는 소형 진동롤러를 보조로 사용하여 시멘트밀크를 침투시켜야 한다.
3. 침투용 밀크의 흐름이 시험기준을 만족해야만 성공적 시공이 가능하다.
4. 고무레이크(rubber rake)로 시멘트밀크를 표면에서 제거하고 골재의 요철을 나타내게 하여야 포장표면의 미끄러움을 방지할 수 있다.
5. 시공시간이 오래 걸린다. 즉, 개립도 아스팔트포장을 시공하고 40℃ 이하로 냉각하는 데 냉각시간이 필요하고, 그 후 시멘트밀크의 주입시간이 필요하고, 주입된 시멘트의 양생시간이 필요하다. 일반시멘트의 양생기간은 3일, 조강시멘트는 하루, 초속경시멘트는 3시간정도 소요된다.
6. 개립도 아스팔트포장을 시공하고 냉각시킨 후 시멘트밀크를 침투시키는 시공을 함으로 이중 시공이 행해짐으로 시공비용이 고가이다.

3. 새로운 반강성포장의 개발

상기의 반강성포장의 단점을 보완하기 위하여 허정도(2006)¹는 새로운 반강성포장을 개발하고 특허등록을 마쳤으며, 여기에 그 특징에 대해 소개한다. 반강성포장은 기본적으로 골재, 아스팔트 및 시멘트로 구성된다. 통상의 반강성포장은 개립도 아스팔트포장을 하여 골재를 아스팔트로 피복시키고 다량의 공극을 발생시켜 피복된 아스팔트로 둘러싸인 각 공극에 시멘트밀크를 주입시켜 경화시킨다. 이러한 구조를 살펴보면, 골재-피복아스팔트-시멘트-피복아스팔트-골재의 형태를 보인다. 아래 그림 2에 기존 반강성포장에 대한 구조를 나타낸다.

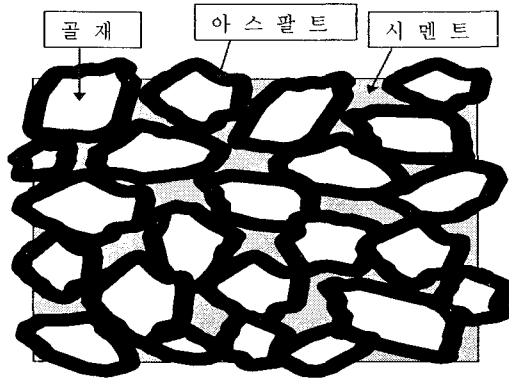


그림 2. 기존 반강성포장의 구조.

상기 구조를 만족시키기 위해서는 골재가 아스팔트를 반드시 피복하여야 한다. 개립도 아스팔트포장 대신에 아스팔트에 의해 골재를 이미 피복하고 있는 재료를 찾는다면 페아스콘을 들 수 있다. 페아스콘은 아스팔트가 골재를 피복하고 있는 조건은 만족하나 시멘트를 주입할 공극이 충분하지 않다. 그러나 페아스콘을 분쇄하여 페아스콘입자를 만들고 이 입자들 사이에 시멘트를 주입하여 페아스콘 입자를 결합하게 만든다면 반강성포장의 골재-피복아스팔트-시멘트-피복아스팔트-골재의 구조를 만족시킬 수 있게 되어 반강성포장이 형성된다. 물론 일부 파쇄된 골재가 있긴 하지만 대부분의 파쇄된 페아스콘골재는 아스팔트로 피복되어 있다. 따라서 새로운 반강성포장은 분쇄 페아스콘 입자에 상온에서 시멘트와 혼화제를 포함한 유제를 첨가시켜 균일하게 혼합하여 혼합물을 만든 후 포장하게 되면, 골재-피복아스팔트-시멘트-피복아스팔트-골재의 구조가 형성된다. 이 때 시멘트와 혼화제는 통상의 반강성포장에서 시멘트밀크의 역할을 한다(그림 3 참조).

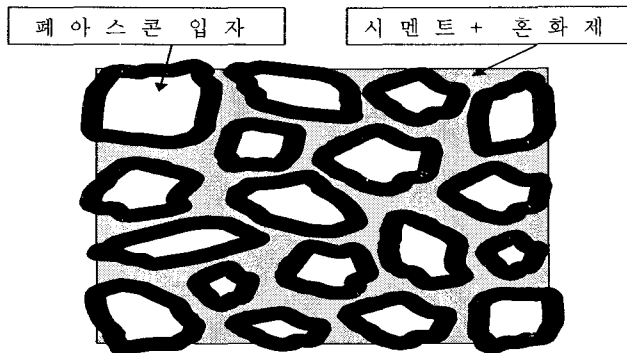


그림 3. 새로운 반강성포장의 구조.

4. 새로운 반강성포장의 시공방법

상기의 새로운 반강성포장의 시공방법은 가열 아스팔트포장 시공방법과 동일하다. 상기 페아스콘-시멘트 혼합물을 시공하기 위해서는 혼합물의 슬럼프가 전혀 없어야 하는 데, 이는 피니셔로 포설한 후에 롤러에 의한 전압을 할 때, 밀리지 않고 다짐이 충분히 되도록 하기 위해서이다.

혼합물 배합설계를 할 때는, 가열 아스팔트 혼합물의 배합설계에서 마찰시험에 의해 최적 아스팔트함량을 구하는 것과 동일한 방법에 의해 최적 유제 함량을 구한다. 배합설계에서 구해진 최적 혼합물의 조성에 따라 각 구성요소를 상온에서 혼합하여 만든 후 포장시공을 하게 되는 데, 포장시공도 상온에서 실시하되 일반적인 아스팔트 포장시공 공법이 그대로 적용된다. 즉, 피니셔에 의해 포설을 하고, 마카담, 타이어(혹은 진동롤러) 및 탠덤롤러를 사용하여 진압을 충분히 하여 포장시공을 완료한다. 따라서 새로운 반강성포장은 상온에서 1회성 가열아스팔트포장시공 방법을 채택함으로써 통상의 반강성포장의 2회성 시공(가열 개입도 아스팔트포장 시공과 시멘트밀크의 주입)에 비하여 시공이 단순하고 상온에서 실시함으로 가열이나 공해문제가 전혀 없는 환경친화적 방법이다. 또한 페아스콘 재료를 재활용하는 자원재활용 방법이기도 하다.

5. 기존 반강성포장과 새로운 포장의 구조적 차이

통상의 반강성포장과 새로운 반강성포장의 차이점을 엄밀하게 따지면 다음을 들 수 있다.

1. 통상의 반강성포장은 골재를 피복한 아스팔트가 다른 골재를 피복한 아스팔트와 부분적으로 접촉하여 일부 연결된 형태를 취하여(부분적인 골재-아스팔트-골재의 구조) 전체적으로 볼 때 3차원의 아스팔트 망상 구조를 형성하고 그 사이 사이의 빈 공간에 시멘트가 채우고 있다(연결부위를 제외한 대부분의 구조는 골재-아스팔트-시멘트-아스팔트-골재의 구조임). 이러한 구조 하에서의 시멘트에 의한 수축팽창은 연결아스팔트에 영향을 미치며 시멘트의 수축팽창을 연결아스팔트가 흡수하여 포장전체에 손상이 생기지 않는다. 따라서 통상의 반강성포장 결합체는 아스팔트와 시멘트로 구성된다 할 수 있으나 시멘트의 성질이 아스팔트보다 큼으로 전체 성질은 시멘트에 의해 우세하게 지배된다. 이에 반하여 새로운 반강성포장은 아스팔트와 아스팔트의 연결부위가 전무하여 대부분 골재-아스팔트-시멘트-아스팔트-골재의 구조를 가지며, 전압다짐에 의해 골재를 피복한 아스팔트와 아스팔트간의 간격이 가까워진다 하여도 그 사이에는 반드시 시멘트의 얇은 피막이 존재하며 이 시멘트가 서로를 결합시키고 있다. 따라서 새로운 반강성포장의 결합체는 시멘트 단독이라 함이 타당하다. 그렇다하더라도 아스팔트영향은 여전히 존재하여 시멘트의 수축과 팽창영향을 감소시킴으로 균열을 유도하기 위한 줄눈을 만들지 않아도 된다.
2. 새로운 반강성포장은 페아스콘을 파쇄할 때, 골재가 부분적으로 깨어져 아스팔트의 피복이 없는 새로운 골재 면이 나타나는 데, 이 부분에는 시멘트가 직접 결합함으로(골재-시멘트-아스팔트-골재의 구조), 통상의 반강성포장처럼 시멘트가 모두 아스팔트와 결합하지 않는 부분도 일부 존재한다. 그러나 파쇄 면은 전체 결합 면에 비하여 미세함으로 포장물성에 큰 영향을 미치지 않는다. 그림 4에 도식적으로 상호 차이점을 나타내고 있다.
3. 새로운 반강성포장은 시멘트함량에 대한 페아스콘 입자함량의 비율을 임의로 조정하여 거의 시멘트포장에 가까운 물성에서 거의 아스팔트포장에 가까운 물성까지 광범위한 물성으로 쉽게 조정이 가능하다. 반면에 통상의 반강성포장은 개립도 아스팔트포장을 만들어야 함으로 높은 공극을 형성하는데 한계가 있고 또한 공극이 작아도 시멘트밀크를 주입하기가 어려움으로 공극이 20-28% 범위로 제한되며, 제한된 공극에 시멘트를 주입함으로 물성증진에도 한계가 있다.

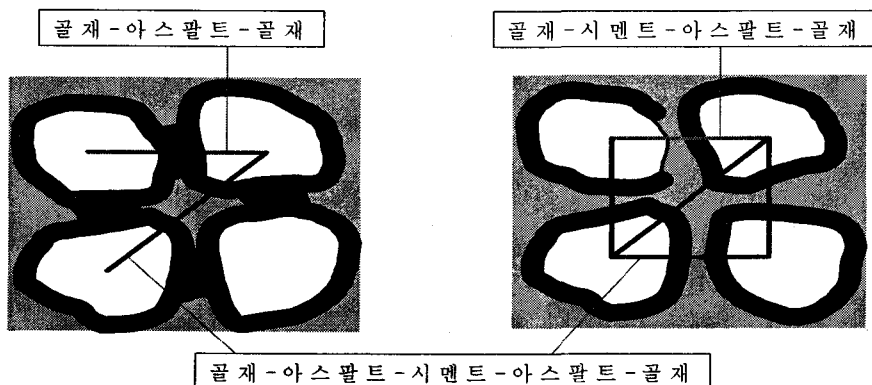


그림 4. 기존반강성포장과 새 반강성포장의 구조적 차이.



6. 새로운 반강성포장의 장점

새로운 반강성포장은 기존의 반강성포장에 비하여 많은 장점을 가지고 있다. 이를 소개하면 아래와 같다.

1. 가열 개립도 아스팔트포장과 시멘트밀크의 주입에 의한 이중시공이 불필요하다.
2. 일반 가열 아스팔트포장과 동일하게 시공하고 장비도 동일하나 상온에서 시공함으로써 시공이 편리하다.
3. 시공시간이 단축되는 데, 그 이유는 새로운 반강성포장은 기존의 반강성포장과 비교하여 가열포장의 냉각시간과 밀크주입시간이 불필요하기 때문이다.
4. 상온시공이라 공기오염이 전혀 없고 에너지 절약형이다.
5. 페아스콘을 재활용함으로써 자원의 재이용과 함께 포장비용이 비교적 저렴하다.
6. 기존의 반강성포장의 역학적 장점을 그대로 보유한다.
7. 원하는 두께로 전 침투 형 반강성포장을 쉽게 포장할 수 있다.
8. 밀크주입공정이 불필요함으로써 주입장비나 주입의 어려움이 전혀 없다.
9. 어떠한 무기첨가제라도 유동여부와 상관없이 첨가하는 것이 가능하다.

7. 결 론

기존의 반강성포장의 특징과 단점을 알아보고, 언급된 단점을 극복하기 위한 새로운 반강성포장에 대해 소개하고 이를 시공하기 위한 방법도 제시하였다. 새 반강성포장의 구조와 특징에 대한 설명을 하고, 반강성포장의 장점에 대해서도 언급하였다. 앞으로 새 반강성포장이 산업현장에 널리 사용될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

1. 허정도, “페아스콘을 활용한 반강성포장용 조성물과 포장시공방법,” 특허 제 10-0599492호, 한국특허청, 2006.