# 아스팔트 포장 표면의 착색기초재 연구

## Study on Base Composition for Asphalt Pavement Coloring

천승한* · 채주석** · 박준상*** · 편준범**** · 박한수*****
Seung-Han Cheon · Joosuk Chae · Jun-sang Park · Joonbum Pyun · Hansoo Park

### 1. 서 론

20세기 초 자동차가 보급되면서 고속으로 주행하는 자동차의 이동을 원활하게 하기 위하여 포장 표면을 불투수층으로 하여 고속주행이 가능하면서 평탄성이 확보되는 아스팔트와 시멘트를 이용한 포장형식으로 발전하였다. 최근에는 도로포장재료의 기능적인 면 이외에도 삶의 질적 향상을 요구하는 이용자가 등장하게 되었으며 필연적으로 도로포장재에도 심미적인 고려를 하여 칼라경관도로포장 등 다양한 형태의 특수포장재를 개발하게 되었다. 그러나 칼라경관포장의 국내기술 적용은 주로 보도 등에 컬러블록을 이용하여 시공되어지거나 포장 표면에 도료를 적용하는 방법이 주로 이용되고 있는 실정이고, 현장 시공되고 있는 대부분의 칼라경관포장은 외국의 기술로 이로 인한 경제적 부담이 가중되고 있다. 또한 기존의 포장표면에 도색을 하는 경우는 내구성 문제뿐만 아니라 별도의 장비를 이용하기 때문에 추가적인 비용이 소요되며 또한 기존의 칼라경관포장은 아스팔트/시멘트 혼화물 제조시 직접적으로 착색을 하기 때문에 단색으로만 제작되어진다는 한계를 보이고 있다. 즉 기존 칼라착색 공법은 근본적으로 경제적, 시간적, 기술적 가지고 있는 것이다.

이에 최근 도시민들에게 심미적 풍요로움을 제공하기 위하여 아스팔트 포장 표면에 고내구성의 다양한 색상의 착색재료를 아스팔트 포장 시공시의 발생열을 이용한 열융착방식으로 직접 시공하는 신공법이 제안되었으며, 이를 활용하기 위한 새로운 착색재료가 필요하게 되었다. 본 연구에서는 이러한 공법에 적합한 소재를 개발하고자 소재가 갖추어야할 여러 가지 인자를 고려한 실험을 실시하였다. 착색재료는 아스팔트 포장면과의 용융접착성, 아스팔트 표면과의 접착 유지력, 겨울철 온도변화에 대한 균열 방지, 외부 환경에 의한 변색 방지 등의 기본요건이 고려되어야 하며 이를 실현하기 위해 착색재료에는 다양한 종류의 소재들이 적용되었다. 본 공법에 적용되는 착색재료는 고내구성, 내후성 등의 기본적인 안정성 이외에도 시공 후 교통개방이 신속히 이루어질 수 있도록 시공 후 재료 안정성 확보를 위하여 DSR(Dynamic Shear Rheometer)을 이용한 모사시험법을 고안하여 적용하였으며 실제로 신공법을 활용한 착색재료의 시공성을 확인하기 위한 실내시험을 실시하였다.

### 2. 착색기초재 개발시 고려사항

#### 2.1 아스팔트 포장 표면 착색 공법

본 연구에서 새롭게 도입된 아스팔트 포장 표면 착색공법은 기존의 도색공법 또는 첨가하는 방식과는 달리 알갱이 형태로 제작되는 착색재를 아스팔트 포설시 아스팔트 포장면에 살포한 뒤 아스팔트 포장 다짐작업 시에 도로표면의 열에 의해 포장 표면에 부착되는 원리이다. 따라서 본 공법에 적합하게 시공성이 나타날 수 있도록 재료를 설계하는 것이 중요하다.

* 정회원 · 금호석유화학(주) 중앙연구소 수석연구원(E-mail : shcheon@kkpc.com)
** 비회원 · 금호석유화학(주) 중앙연구소 수석연구원(E-mail : jschae@kkpc.com)
*** 비회원 · 금호석유화학(주) 중앙연구소 책임연구원(E-mail : polymer@kkpc.com)
**** 비회원 · 금호석유화학(주) 중앙연구소 선임연구원(E-mail : boojang@kkpc.com)
***** 비회원 · 금호석유화학(주) 중앙연구소 연구원(E-mail : shpark07@kkpc.com)

### 2.2 착색기초재의 요구물성

착색기초재에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 외부 요인들을 종합하면 아래와 같이 네 가지로 나누어 볼 수 있으며 이러한 요인들을 극복하는 것이 착색기초재 소재 설계의 목표라고 할 수 있다.

(1) 아스팔트 포장면과의 용융접착성

본 과제에서 실현하고자하는 공법은 아스팔트 포장 직후 표면에 남아있는 열을 이용하여 용융접착하는 방식이다. 이를 위해서 디자인 소재는 약 120~140℃에서 적절히 용융되어야할 뿐만 아니라 아스팔트 포장 표면과 접착이 이루어지도록 접착력도 발현되어야 하며 이를 위하여 열가소성 극성 고분자 계열의 재료가 적용되었다.

(2) 아스팔트 포장면과의 접착 유지력

디자인 소재가 시공되는 곳은 옥외의 자전거 도로, 인도, 나아가서는 차량이 통행될 수 있는 곳이기 때문에 외부의 하중을 지속적으로 받게 된다. 또한 계절에 따른 온도변화와 비 또는 눈에 의한 수분에 노출되게 된다. 이러한 외부하중, 온도변화, 수분 등은 디자인 소재와 아스팔트 포장면과의 접착을 약화시키는 요인으로 작용하므로 접착유지력을 강화할 수 있도록 소재가 설계되어야 한다.

(3) 겨울철 온도변화에 대한 균열방지

주위에 일반적으로 시공되어 있는 차선을 보면 수많은 균열이 발생되는 것을 알 수 있다. 이는 온도변화에 의한 도로의 수축과 팽창에 차선의 소재가 유연하게 대처되지 못하는 것이 원인이며 특히 겨울철 낮은 온도에서 차선소재가 지나치게 stiff하게 되어 나타나는 현상이라고 할 수 있다. 본 과제의 착색기초재는 기본적으로 도로의 미관을 향상시키기 위한 것이 목적이므로 이러한 균열을 방지하는 것이 소재가 가져야할 중요한 물성이다.

(4) 외부환경에 의한 변색 방지

착색기초재는 연중 외부에 시공되므로 연중 자외선 및 수분에 노출 될 수밖에 없다. 이는 재료의 색상 변화를 유발하게 되므로 본 과제의 착색기초재는 내노후성을 가져야 한다. 내노후성의 수준은 차선도색용 페인트의 수준을 목표로 잡았다.

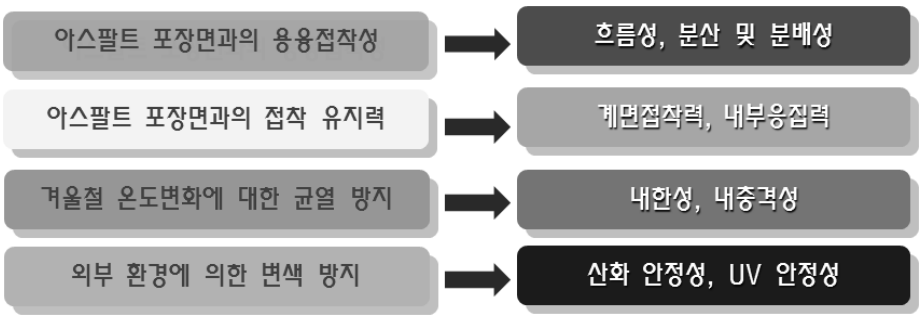


그림 1. 착색기초재의 요구물성

## 3. 착색기초재의 물성평가

본 연구에서는 착색기초재의 개발을 위해 아스팔트 포장온도에서의 시공성과 시공 후 도로교통 개방시간 등을 모사하기 위하여 DSR을 이용한 재료 평가를 진행하였고, 시공후 자외선, 수분, 온도 등의 영향에 따른 착색기초재의 내구성을 측정하기 위하여 내후성 평가를 진행하였다.

### 3.1 착색기초재의 시공성 및 시공후 교통개방 고려

착색기초재는 약 130℃의 아스팔트 포장시 포설온도에서 완벽히 용융되어 도로표면과 접착되어야하며 일

반적인 아스팔트 도로포장의 교통개방 온도에서 경화되어 차량의 타이어가 지나가더라도 타이어와 접착되어 착색기초재가 탈리되는 현상을 제어해야 한다. 이를 위하여 착색기초재의 용융온도를 80~90℃로 조절하였으며 그림 2와 3에 그 결과를 나타내었다. 그림 2에서는 D-1부터 D-10까지 재료의 변화에 따른 용융온도 상승 경향을 보여주고 있다. 이는 아스팔트 바인더의 소성변형 예측에 사용되는 DSR을 응용하여 수행되었으며 modulus 값인 $G^*/\sin\delta$가 급격히 상승하는 부분이 재료가 경화되는 온도라고 예측할 수 있다. 착색기초재가 여러 가지 재료의 혼합물임을 고려할 때 DSC 등 기존의 열분석기로는 재료의 경화온도를 예측하기가 어려운데 DSR의 사용이 매우 유용한 결과를 보임을 알 수 있다. 그림 3은 80℃에서 각 재료별 modulus 값 차이를 나타낸 그래프이다. 이 결과를 분석하면 80℃에서 낮은 modulus 값을 보이는 D-1의 경우 이 온도에서 차량이 통행되면 타이어와 착색기초재 간의 접착이 발생하여 재료의 탈리가 발생할 가능성이 높다고 할 수 있다. 반면 D-10의 경우 modulus 값이 매우 높기 때문에 D-1에 비하여 탈리 가능성이 상대적으로 매우 적다고 할 수 있다.

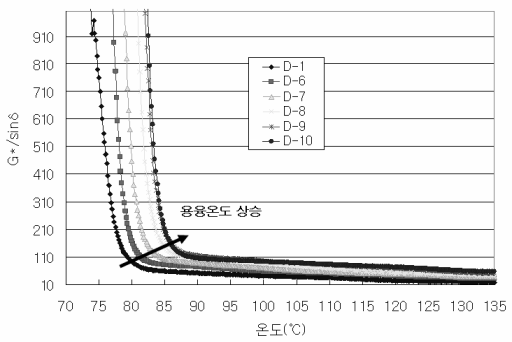


그림 2. 온도에 따른 재료별 modulus 변화

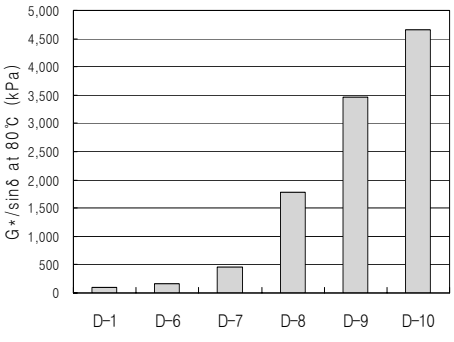


그림 3. 80℃에서 시료에 따른 modulus 값

### 3.2 착색기초재의 내후성 평가

(1) 시험방법

본 연구에서 개발된 착색기초재는 도로의 색상을 아름답게 유지하는 것이 그 목적이므로 시공성 뿐만 아니라 시공 후 생상의 유지력이 매우 중요한 인자이다. 변색을 발생시키는 요인은 자외선, 수분, 온도 등 복합적이며 이를 종합적으로 적용할 수 있는 시험법이 필요하다. 본 연구에서는 차선용 도료의 촉진 내후성 시험법인 "KS M 5000:3231"에 의하여 내후성이 평가되었다. 착색기초재의 촉진 내후성을 평가하는 장비로는 ATLAS C4000이 사용되었고, 실제 태양광과 유사한 파장의 자외선을 발산하는 xenon arc lamp가 장착되어 있으며 온도 및 수분에 의한 재료의 변화를 종합적으로 모사할 수 있다

(2) 실험결과

1) 색상별 명도차이

6개의 각기 다른 시료의 노광 전과 노광 후의 명도 차이(△L)를 그림 4에 나타내었다. 명도차는 "KS M 5000:3231"에 의하면 6단위를 넘지 않아야 하는데 모든 시료가 6을 넘지 않았다. 이는 노광에 의해 재료의 색이 탁해지는 정도가 심하지 않음을 나타낸다. 즉, 재료의 명도변화에 있어서 내후성은 매우 우수한 것으로 판단된다.

2) 색상별 칼라 변화

보통 △E라 함은, 전체적인 칼라 차이를 수치적으로 나타낸 것이다. △E의 값이 클수록 노광에 의해 변색이 커 졌다고 볼 수 있다. 노광 이후에 대다수의 재료는 변색 되는데, 그 정도가 큼에 따라 노화가 많이 되었다고 본다. △E의 기준에 관한 KS 규격이 없어 현재 차선에 사용되는 안료를 기준으로 하여 비교평가 하였다. 일반적으로 △E가 3이하의 경우는 육안으로 구별할 수 없을 수준으로 보지만 도로 특성상 다른 기준이 필요하다고 판단된다. 그림 5에서 보는 바와 같이 현재 차선에 사용되는 도색용 안료의 경우

는 ΔE가 9를 나타내었고 이를 기준으로 재료의 변색 여부를 판단하였다. 즉 ΔE가 9 이하면 현재 차선에 사용되는 도색용 안료 보다 우수하여 실제 도로 사용에서 큰 문제가 없다고 할 수 있다. 본 연구에서 시험한 6가지의 재료의 경우 눈에 의해 변색이 식별되는 정도로 변색은 되었으나 ΔE가 4.5~9로 차선에 사용되는 안료 보다 낮게 나타났다.

**표 1. 색차 시험 결과(종합)**

| | white | red | yellow | green | blue | purple |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ΔL | 3.2 | -2.5 | 1.1 | 1.9 | 2.3 | -1.1 |
| Δa | 0.3 | -0.3 | -0.3 | -5.4 | -1.7 | 3.4 |
| Δb | -5.7 | -1.1 | 0 | -3.3 | -1.6 | -4.8 |
| ΔE | 5.7 | 5.3 | 8.9 | 6.7 | 9 | 5.8 |

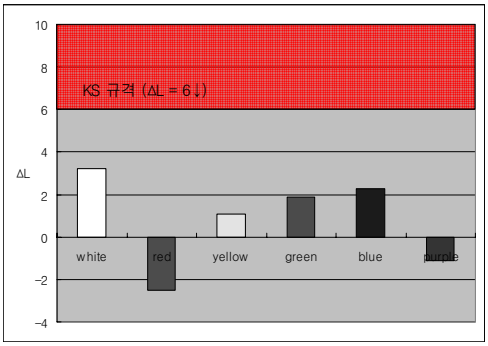


**그림 4. 내후성 시험후 색상별 명도 차이**

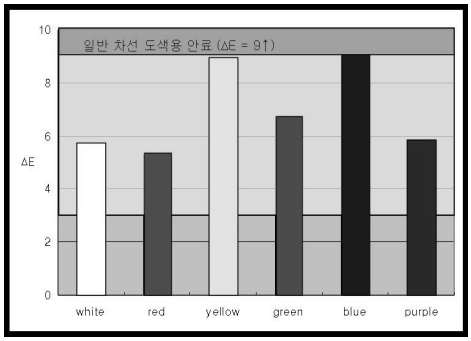


**그림 5. 내후성 시험후 색상별 ΔE 값 변화**

## 4. 결 론

기존 도로포장 표면의 착색 공법의 문제를 개선하기 위한 신 착색 공법이 제시되었고 이를 위한 착색기초재 개발이 진행되었으며, 재료에 대한 기초연구 내용은 다음과 같다.

1. DSR을 이용하여 착색기초재의 시공성능 모사를 실시하였으며 시공온도로 예상되는 100℃ 이상에서는 충분히 용융되어 아스팔트 포장면과의 강한 접착력을 보일 것으로 예측할 수 있으며, 도로교통 개방 온도인 80℃이하에서는 경화되어 타이어와의 불필요한 접착에 의한 탈리 현상이 억제되었다.
2. KS 규격에 의한 내후성 평가에서 차선도색용 재료보다 우수한 색상 유지력을 나타내어 향후 본 재료가 일반도로에 상용화 되더라도 변색에 의한 문제는 없을 것으로 예상된다.

본 연구에서 개발된 착색기초재는 현장에 시공 및 성능 평가 등이 수행되었으며, 결과적으로 현장 적용성은 우수한 것으로 나타났다.

### 참고 문헌

D. S. Rosa, J. Sarti, L. H. I Mei, Polymer Testing, 19, 523 (2000)

지식경제부 기술표준원, 차선용 도료의 촉진 내후성 시험법 KS M 5000:3231

R. E. Day, Polymer Degradation and Stability, 71, 113 (2001)