



용융분사식 칼라포장공법의 성능 평가

Performance Evaluation of Melting-Blown Color Pavement Method

이수형* 유인균**
Lee, Soo Hyung Yoo, In Kyoon

1. 서론

경제성장과 더불어 생활수준이 향상되면서 환경에 대한 인식의 변화로 인해 과거와는 달리 건설 구조물에 대한 환경적인 측면과 미적인 측면의 중요성이 강조되고 있다.

특히, 도시의 미관을 개선하기 위한 목적으로 공원의 산책로, 보도, 자전거 도로, 주차장 등에 칼라포장이 일반적으로 적용되고 있으며, 차도에서도 운전자에게 위험구간임을 명확히 알리기 위해 횡단보도, 학교 앞도로, 사고 많은 구간 등에 칼라포장이 적용되고 있다. 또한 교통의 원활한 소통을 위하여 버스 이외의 차량의 진입을 금지하기 위한 버스전용 차로나 주차 금지구간에 암적색의 칼라포장이 적용되고 있으며 그 적용이 지속적으로 증대되고 있다.

그러나 현재 국내에 적용되고 있는 칼라포장 기술은 골재 탈리, 안료의 부유, 표면 탈색 등 칼라포장이 갖추어야할 조건을 만족하지 못하고 있으며 이로 인해 사회적 손실 비용이 증가하고 있다.

이러한 문제를 개선하기 위해서는 획기적인 재료의 개선으로 내구성을 확보할 수 있는 제조기술, 기계화 장비를 통해 우수한 시공성을 확보할 수 있는 시공기술을 개발하고, 이를 통하여 사회적 요구에 부응하는 칼라포장 기술을 확보할 필요가 있다.

본 고에서는 국내 업체에서 용융분사형 노면표시용 도로 기술을 기본으로 하여 발전시켜 개발한 초박층 칼라포장 조성물 제조와 이를 시공하는 기술을 설명하고 본 기술을 이용한 포장공법의 성능 평가 결과에 대해 기술하고자 한다.

2. 기존기술 현황 및 문제점

칼라포장을 제조하는 방법은 크게 혼합식과 부착식으로 구분할 수 있다. 혼합식 방법은 무색바인더에 안료를 혼합하고 일반 골재를 사용하는 방법과 무색바인더와 유색골재를 혼합하는 방법이 이용될 수 있다. 즉 혼합식 방법은 아스팔트 혼합물 자체를 칼라로 제조하여 시공하는 방법을 말하며 기존의 아스팔트포장에 사용되는 플랜트와 시공 장비가 그대로 이용될 수 있다. 부착식 방법은 기존의 포장위에 미끄럼방지포장과 같이 칼라 바인더를 도포한 후 칼라골재를 고착시키는 방법과 차선도색과 같이 칼라 페인트를 코팅하듯이 분사시키는 방법을 말한다.

현재 국내 버스중앙차로에 적용되고 있는 칼라포장은 혼합식 방법으로 투명바인더에 안료를 혼합한 방법이 적용되고 있으나 포트 홀과 같이 파손 발생부분에 빛물이 고여 적색안료가 부유되고, 버스정류장과 교차로의 정지선 등의 교통하중이 큰 구간에서 소성변형이 발생하고 있다. 또한 포장면의 마모 및 자외선 작용에 의해 표면이 탈색되는 등의 문제가 발생되어 이를 개선하기 위한 연구가 진행되고 있다.

* 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 · 연구원 · 공학석사 · 031-910-0144(E-mail:shlee1@kict.re.kr)
** 정회원 · 한국건설기술연구원 도로시설연구실 실장 · 공학박사 · 031-910-0167(E-mail:ikyoo@kict.re.kr)



부착식 방법 중 미끄럼방지포장형식은 저온 시공시 접도가 매우 커서 작업성 저하 문제, 결합제인 에폭시 조성물 주제의 조색제로 발암 물질을 사용하는 문제, 시공 시 과도한 골재 살포로 인한 잉여 골재의 발생, 결합제의 접착력 부족으로 인한 골재 탈락의 문제 등이 발생하고 있다. 특히 도로의 평탄성이 크게 떨어지며, 결합제의 강한 수축력으로 인해 기존 포장에 균열이 발생하여 내구성을 저하시키는 문제를 내포하고 있다. 차선도색형식의 경우는 노면표시에 많이 이용되고 있으나 다른 방법들에 비해 미끄럼저항성이 크게 떨어져 현재까지는 차로 전체에 적용할 수는 없는 공법이다.

칼라포장 공법은 이러한 문제점에도 불구하고 앞서 설명한 바와 같이 국민생활수준의 향상과 교통안전 및 소통대책의 일환으로 수요가 급증하고 있는 상황이다. 특히 2003년 어린이 보호구역의 지정과 서울시 버스전용차로에 칼라포장을 도입하면서 칼라포장의 적용물량은 급격히 증가하고 있다.

이러한 상황에 대처하기 위해서는 기존 칼라포장 공법들에서 나타나고 있는 문제점들을 개선시킨 재료 및 시공방법 기술이 확보되어야 하며 이를 통해 급격히 증가하는 칼라포장의 수요에 부응할 수 있어야 한다.

3. 용융분사식 초박층 칼라포장 기술 개발

3.1 개요

칼라포장은 도로의 기능성 향상과 시인성 확보, 도시미관의 향상 등을 위해 버스전용차로, 어린이보호구역, 위험도로 개선 구간에 많이 적용되고 있다. 현재 적용 중에 있는 칼라포장은 앞서 언급한 문제들로 인해 하자가 자주 발생되고 있다. 이러한 상황에서 새로운 칼라포장 재료와 시공방법의 개발이 필요해 졌으며 국내 업체에서 용융분사형 노면표시용 도로 기술을 기본으로 하여 발전시켜 초박층 칼라포장 조성물 제조와 이를 시공하는 기술을 개발하였다. 기술개발의 궁극적인 목표는 칼라포장의 기본 요건인 색상유지, 미끄럼저항성 확보, 내구성 확보, 경제성, 시공성을 동시에 충족시키는 것과 배수성포장에도 적용이 가능하도록 투수성을 확보하는 것으로 속경형의 칼라 조성물재를 초박층(1.7~2.5mm)으로 균일하게 시공하는 초박층 칼라포장 공법을 개발하는 것이었다.

3.2 용융분사식 초박층 칼라포장 조성물

칼라포장 조성물은 용융식 노면표시용 도로 기술을 기초로 하여 개발하였으며 세라믹 결정체 혹은 규석 등의 주 골재와 석유수지, 고무계수지, 가소제, 왁스, 충전제 등을 혼합하여 분말상태로 제조된 재료를 현장에서 180~200℃의 온도로 가열을 하여 용융 후 1회의 시공으로 간편하게 작업을 끝낼 수 있는 장점과 시공 장소의 주변 환경을 고려하여 본 재료에 적당한 안료를 혼합하여 주변 환경과 어울릴 수 있는 색상을 나타낼 수가 있는 것을 특징으로 한다.

가열 용융분사식 조성물로 시공 후 최대 15~20분이라는 매우 짧은 시간 내에 경화되어 공사를 위한 교통 통제에 큰 영향을 끼치지 않으며, 180~200℃의 고온으로 용융된 재료는 기존 아스팔트 노면에 접촉 즉시 이미 아스팔트를 어느 정도 녹여 합체의 현상을 이루게 되기 때문에 재료 자체의 고점착 특성과 함께 작용하여 도막 박리 현상 및 골재 이탈 현상을 해소할 수 있다. 조성물의 구성 성분과 품질규격을 <표 1>과 <표 2>에 정리하였다.

<표 1> 조성물의 구성 성분 및 사용범위

항 목	사용범위	주요재료	사용범위
결합제	20 ± 5%	석유수지 가소제 고무계수지 왁스	15 ± 5% / 1~5% / 1~5% / 1~5%
충진제	60 ± 5%	석회석분 석회석골재	25 ± 5% / 35 ± 5%
안료	1~5%		
경질 골재	15 ± 5%	세라믹 골재 (또는 규석)	15 ± 5%

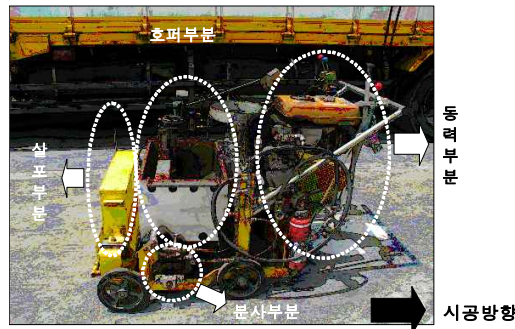


〈표 2〉 조성물의 품질규격

항 목	품질규격
비중(20℃)(g/cm ³)	2.3 이하
연화점(℃)	80 이상
불점착건조성	3분후에 도막이 부착되면 안 됨
내마모성(mg) (100회전에 대해서)	200 이하
압축강도(kg/cm ²)	120 이상
내알카리성	수산화칼슘 포화용액에 18시간 침지시켜도 갈라짐 및 변색이 없어야 함
경질골재 함유량(질량 %)	13.5 ~ 16.5
함유경질골재의 입경(mm)	착색 자기질 골재 및 천연 경질골재 0.85 ~ 0.35

3.3 용융분사식 초박층 칼라포장 시공 장비

용융분사식 초박층 칼라포장 시공에 사용되는 장비는 도로 노면표시용 장비를 활용할 수 있도록 개조하였다. 시공 장비는 용해된 도료를 보존하는 “호퍼부분”, 호퍼내의 도료를 노면에 분사하는 “분사부분”, 도료를 분사 후 경화되기 전에 경질골재를 살포하는 “살포부분” 및 “동력부분”으로 구성되며 특히 분사부가 2륜 회전체로 구성되어 균일두께로 포설할 수 있다. 〈그림 1〉에 시공 장비를 나타내었다.



〈그림 1〉 용융분사식 칼라포장 시공 장비

시공 장비는 손잡이 셔터레버로 호퍼내의 셔터를 열면 호퍼내의 재료가 회전체(롤러)부분에 흘러들어가 회전체의 원심력과 반발력으로 재료가 분무상태로 노면에 분사되며 동시에 기계전달에 설치된 살포 골재함에서 분사된 골재가 미 경화된 도막위에 살포되는 구조이다.

3.4 용융분사식 초박층 칼라포장 시공방법

용융분사식 초박층 칼라포장 시공방법은 전용시공기로 특수한 용융형 도료를 노면에 일정한 두께로 분사하여, 미경화한 상태에서 살포골재를 표면에 고착시키는 것을 특징으로 한다.



〈그림 2〉 용융분사식 초박층 칼라포장 시공

시공방법은 먼저 별도의 용해로에 180~200℃에서 교반 용해한 도료를 전용시공기의 호퍼부(재료보온부)에 전달하고, 손잡이 레버 조작에 의하여 호퍼내의 셔터 개폐에 따라 재료를 일정량 분사부에 전달하여 분사부의 회전롤러(기어롤



러와 기어물러)의 원심력과 반발력에 의하여 도로를 하면에 안개상태로 분사함과 동시에 골재살포는 손잡이 레버에 연동되어 있어 셔터를 개방하면 구동륜 기어에 연결되어 골재가 살포되고 포장막 표면에 고착되므로 냉각 고정화하는 것이다.

엔진에 의한 자주식 시공기이기 때문에 시공시의 주행속도는 일정하고 도포량도 일정하므로 균일한 막의 두께를 형성할 수 있다. 분사부분 회전물러는 2개의 축으로 되어 있고 회전수는 약 1:1의 고속회전에 의해서 용해된 도로를 일정량 분무상태로 뿜어낸다.

4. 용융분사식 초박층 칼라포장 성능 평가

4.1 조성물의 성능 평가

용융분사식 초박층 칼라포장 공법에 사용되는 조성물은 용융분사형 노면표시용 도로 기술을 기본으로 하여 발전시켰다. 따라서 용융분사식 초박층 칼라포장 조성물의 물성은 국내 도로표시용 도로(KS M 6080 4종) 규격의 시험항목 및 방법을 기준으로 시험을 수행하여 평가하였다.

〈표 3〉 조성물 물성 시험 결과

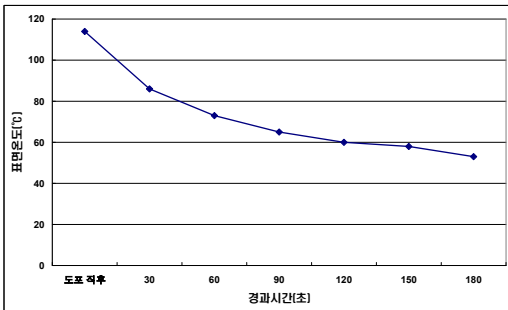
항 목	종 류	기준치	시험결과
비 중(20/20℃)		2.3 이하	2.1
연화점(℃)		80 이상	91
불점착 건조성		3분 후에 도로가 불점착 시험기의 타이어에 붙지 않아야 한다.	이상 없음
도막의 겉모양		주름, 얼룩, 부풀음, 갈라짐, 떨어짐이 없어야 한다.	이상 없음
내마모성		마모감량이 100회전에 대하여 200mg 이하	71
압축강도(KN/cm ²)		1,100 이상	1,582
내알카리성		수산화칼슘 포화용액에 18시간 침지시켜도 갈라짐 및 변색이 없어야 한다.	이상 없음
축진 내후성	외관	160시간 축진 내후성 시험한 후 갈라짐, 부풀음, 떨어짐 등이 없고 색 변화는 명도차 6단위를 넘지 않아야 한다.	이상 없음
	색변화		0.4
불휘발분(%)		99 이상	99
납(불휘발분 중 %)		0.06 이하	검출안됨
카드뮴 (불휘발분 중 %)		0.01 이하	검출안됨
불휘발전색제분 (도로 중 %)		20 이상	21

4.2 경화속도

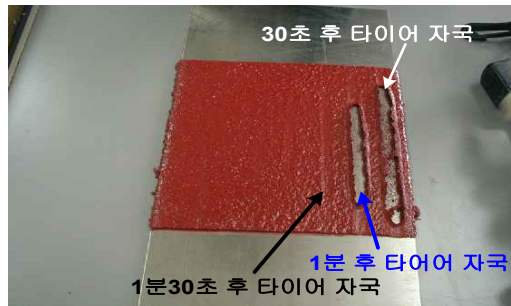
조성물의 경화에 필요로 하는 시간과 온도의 추이를 타이어 부착성 시험으로 평가하였다.

도로 및 관련 원료 시험 방법에 의해, 조성물 도포로부터 30초 마다 온도 측정과 타이어 부착성 시험을 실시해, 시간과 도막 경화의 과정을 시험하였다.

시험결과 도포를 시작하면 도막은 급격한 온도 강하가 시작되어 도포 직후에 114℃까지 저하하였다. 도포 후 1분까지는 도로가 타이어에 부착했지만 1분 30초부터는 부착하지 않았으며 2분을 넘으면 타이어자국도 눈에 띄지 않는 상태가 되었다. 3분이 경과한 시점에서 표면온도가 53℃로 저하되어 시험을 종료하였다. 조성물 분사 후 표면온도의 변화 추이를 〈그림 3〉에 나타내었으며 〈그림 4〉에는 시험 종료 후 표면 상태를 나타내었다.



<그림 3> 조성물 분사 후 표면온도 변화 추이



<그림 4> 시험 종료 후 표면상태

용융분사식 초박층 칼라포장은 용착식 노면 표시용 도료를 기초로 개발된 제품이며 기본 성능은 노면 표시용 도료의 규격을 만족하였다. 특히 도로에 시공을 했을 경우 조기 교통 개방이 가능하도록 3분 이내에서 도료가 타이어에 부착하지 않는 것이라고 하는 타이어 부착성 시험의 규격을 만족하고 있다.

4.3 미끄럼저항성 시험

미끄럼저항성 시험은 KS F 2375의 미끄럼저항 시험기준 및 방법에 따라 실시하였다.

이 시험방법은 실험실이나 실외에서 British Pendulum Tester로 간단하게 미세표면(micro texture)의 마찰 특성을 측정하는 실험이다.

시험은 실내와 현장에서 실시하였다. 실내시험은 시험용 시편을 제작하여 수행하였으며 현장시험은 2007년 11월에 시공한 현장에서 실시하였다. 현장시험에서는 상대적 평가를 위해 시공 구간 인근의 밀입도포장의 미끄럼저항성을 측정하여 비교하였다. 실내시험 결과를 <표 4>에 현장시험 결과를 <표 5>에 나타내었다.

<표 4> 미끄럼저항성 실내시험 결과

시료번호	미끄럼저항 계수 (BPN)	시험온도(°C)
1	72	23

<표 5> 미끄럼저항성 현장시험 결과

시공 구간	초박층 칼라포장		밀입도포장	
	BPN	시험온도(°C)	BPN	시험온도(°C)
A	74	12	63	10
B	68	27	47	25
C	67	27	43	25

국내에는 미끄럼저항성에 대한 관련 규정이 없지만 국토해양부(구 건설교통부)에서 발간한 도로안전시설 설치 및 관리 지침 미끄럼방지포장편에서 제시하고 있는 최소 마찰계수 기준에 의하면 국내의 최상위 등급의 도로에서 위험도가 가장 높은 구간에서 요구되는 최소 마찰계수가 77BPN로 용융분사식 초박층 칼라포장의 실내의 미끄럼저항성 측정 결과에 나타난 것과 같이 미끄럼저항성은 우수하다고 평가할 수 있다.

4.4 접착강도

접착강도 시험은 기존 포장면과 초박층 칼라포장의 접착력을 유지할 수 있는 특성을 평가하는 것으로 KS M 3718 접착제의 접착강도 시험 방법에 따라 실시하였다.

현장에서의 접착강도 시험결과 평균 23.5kgf/cm² 으로 국토해양부(구 건설교통부) “도로안전시설 설치 및 관리지

침”의 “4. 기타 안전시설편”에서 제시하고 있는 아스팔트포장과 수지계 결합제의 접착강도 기준 12kgf/cm² 이상을 충분히 만족하고 있다. 이상의 결과로 기존 아스팔트포장에 문제가 없다면 도막 박리와 같은 문제를 상당히 개선시킨 칼라포장으로서의 기능을 충분히 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

〈표 6〉 접착강도 시험 결과

구분	지점 1	지점 2	지점 3
접착력(kgf)	384	343	401
접착강도(kgf/cm ²)	24.0	21.4	25.1
평균치(kgf/cm ²)	23.5		

4.5 투수성능

투수 시험은 차도 또는 보도 등에 적용된 배수성포장이나 투수성포장에 본 기술을 적용한 경우 투수 성능을 유지할 수 있는 특성을 평가하는 것으로 KS F 2494 배수성 아스팔트 혼합물의 실내 투수 시험 방법에 따라 실시하였다.

이 시험 방법은 도로 포장용 배수성 아스팔트 혼합물의 투수성을 실내에서 평가하는 방법으로 용융분사식 초박층 칼라포장을 도포하기 전·후에 투수 시험 결과 비교를 통해 성능을 평가하였다.

용융분사식 초박층 칼라포장을 도포하기 전과 도포한 후의 투수 시험 결과 80% 이상 투수율을 유지하는 것으로 조사되었으며 그 결과를 〈표 7〉에 정리하였다.

이상의 결과에서 본 공법이 배수성포장 구간에 적용하여도 기능 유지에는 문제가 없을 것으로 판단된다.



〈그림 5〉 조성물 분사 전·후의 공시체

〈표 7〉 실내 투수시험 결과

No	도포 전		도포 후		투수율 (%)
	유출수량(g/sec)	투수계수(cm/sec)	유출수량(g/sec)	투수계수(cm/sec)	
1	110.4	0.315	89.0	0.267	80.6
2	106.2	0.305	84.2	0.254	79.3
3	117.1	0.333	93.3	0.278	79.7
4	91.1	0.259	79.3	0.237	87.0
5	107.2	0.302	88.3	0.260	82.4
6	102.8	0.295	90.4	0.271	87.9
AVG					82.8



5. 결 론

도시 미관 개선과 운전자에게 위험구간임을 알리기 위한 방법으로 칼라포장이 적용되고 있으며 현재 국내에 적용되고 있는 칼라포장 기술은 골재 탈리, 안료의 부유, 표면 탈색 등의 문제가 나타나고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 사회적 요구에 부응하는 칼라포장 기술을 확보할 필요가 있다.

본 고에서는 국내 업체에서 용융분사형 노면표시용 도로 기술을 기본으로 하여 발전시켜 개발한 초박층 칼라포장 조성물 제조와 이를 시공하는 기술을 설명하고 본 기술을 이용한 포장공법의 성능 평가 결과에 대해 기술하였다.

용융분사식 초박층 칼라포장 공법은 비교적 간단한 장비를 이용하여 시공함으로써 공사 인원의 감축과 신속한 경화에 따른 교통 통제시간 단축, 저온 시공, 다양한 색상의 구현 등이 큰 장점이라 할 수 있다. 성능 평가 결과에서도 관련 규정에서 요구하는 기준 이상의 성능을 나타내었으며 미끄럼저항성은 기존포장에 비해 우수한 것으로 평가되었다.

본 공법은 기존 공법에서 흔히 발생하는 단점들을 보완하기 위하여 개발 되었으며 기존 공법에서는 찾아볼 수 없는 다양한 특성으로 사고예방 및 친환경 특성으로 인해 경제·적인 측면은 물론 사회적인 측면에서 지대한 효과를 나타낼 수 있을 것으로 기대해 본다.

참고문헌

1. 건설교통부(1997), 도로안전시설 설치 및 관리 지침, 건설교통부
2. 한국도로교통협회(1997), 아스팔트포장 설계·시공요령, 한국도로교통협회