

Contents

- 동절기 안전운전을 보장하는 결빙방지포장
- 김광우
- **新남방국가 도로포장 개선 ODA 사업 지원을 통한 국내 도로포장 기술 가치 확대**
- 김용주, 이강훈, 권홍준
- **국내 구스(GUSS(Mastic)) 아스팔트 포장의 역사**
- 진정훈
- **기업소개 : 도경건설(주)**
- 신현국 대표

한국아스팔트학회

TEL 02-948-1268
E-MAIL asphaltinstitute@naver.com
Copyright© Korea Asphalt Institute All Rights Reserved.

| 동절기 안전운전을 보장하는 결빙방지포장

| 김광우 교수 강원대학교 |

동절기 노면에 발생하는 “Black Ice”는 눈에 보이지 않아 무서운 존재이다. 검은 아스팔트 포장위에 얇게 형성되는 투명한 살얼음 같은 존재는 보이지 않아 검은 얼음(black ice)라 부른다. 문제는 이것이 형성된 노면은 매우 미끄러워 자동차뿐만 아니라 걷는 사람도 위험하다. 본인이 20여 년 전 캐나다 오타와에 교환교수로 거주할 때 매일 새벽이면 모든 공로(고속도로, 시가지 도로, 주택단지내도로)에 염화칼슘을 살포하여 black ice를 예방하는 것을 보았다.

염화물 살포 없이 얼지 않게 하는 포장으로는 전기열선포장과 온수살포포장 그리고 결빙방지포장 등이 있을 것이다. 이중 열선 포장은 국내에서도 시도 되었으나 잦은 열선고장 등의 문제점이 제기 되었고, 온수살포 포장은 온천수가 항상 유용한 지역 등에만 가능하다.

그 중 한가지인 결빙방지포장(anti-icing pavement: AIP)이 국내에 도입되고 있다. 이 포장은 혼합물에 결빙방지제(anit-icing additive: AIA)를 넣어 표면의 결빙온도를 낮추는 기술이 적용된다. 수분은 0°C 이하면 black ice로 형성될 수 있으나 AIA를 혼합물에 넣어 빙점을 4~5°C 낮추면 위험성이 줄어들어 국내에서도 이미 연구논문 등으로 소개되었다. 문제는 어떤 재료를 적용하여 효과를 증진시키고 가능한 오래 유지할 수 있느냐가 관건이다.

AIA 재료는 1990년대 후반 일본의 마필론이란 제품을 필두로 여러 국가는 물론 국산제품도 개발되었으며, 모두 아스팔트 혼합물에 첨가하여 포장 표면의 동결을 억제하는 제품으로 염화물이 주원료이다. 근래 국내에 적용되는 제품도 같은 원리이며 도로공사에서 시험포장에 적용된 제품은 filler의 일부를 AIA로 대체하는 방식이다. 이 AIP의 특징은 혼합물에 첨가된 염화

물이 수분과 접하여 열을 발생하므로 표면 결빙을 방지하여 노면 마찰력을 유지한다는 점이다. 이는 동절기 이른 새벽이나 예상치 못한 기후 저하 또는 강설 초기에 염화물 살포 전까지 black ice 형성을 지연시키는 효과가 있다. 극한 기후가 아닌 경우 제설작업 시 눈이 노면에 얼어붙지 않아 일반포장보다 제설이 용이하다는 장점도 있다.

하지만 단점도 있다. 염화물이 녹아 혼합물 내부로부터 유출되므로 포장체가 구조적으로 취약해 질 것이라는 기우이다. 하지만 유출되는 양이 매우 적고 차륜에 의한 압착으로 밀입도나 SMA 포장 등은 크게 문제가 되지 않는다. 그보다 큰 문제는 염화물의 방출로 시간이 감에 따른 결빙방지 효과가 저하되는 것이다. 매년 표면에 가까운 염화물부터 지속 유출되므로 효과가 저하되어 2-3년 후 부터는 해마다 효과가 저하되는 경향이 있다. 이의 대처 방안으로 종 방향 groove를 만들어 효과를 지속시키는 방안을 제시하기도 하였다.

이와 같이 국내 도로 전반에 AIP 기술이 적용되면 black ice에 대한 공포로부터 운전자를 효과적으로 보호 할 수 있을 것이다. 현재는 일부 특정 도로에 적용만이 시도되고 있으나 향후 국도는 물론



Construction of anti-icing pavement with AIA in the mountainous region of Avila, Spain

지방도 등 제설작업을 필요로 하는 모든 도로에도 적용된다면 국민 안전에 크게 기여할 수 있는 안전 친화적인 포장 기술이 될 것으로 사료된다.

신남방국가 도로포장 개선 ODA 사업 지원을 통한 국내 도로포장 기술 가치 확대

| 김용주, 한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 연구위원 |
 | 이강훈, 한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 전임연구원 |
 | 권홍준, 한국건설기술연구원 도로교통연구본부, 박사후 연구원 |

1. 서론

저개발국가에서는 국민들에게 지역간 안전하고 신속한 이동 및 원활한 물류 수송을 제공하기 위해 기초 기반시설인 도로인프라 개선에 많은 예산을 투자하고 있다. 특히, [그림 1]과 같이 신남방국가의 경우, 동남아시아 국가 연합(Association of Southeast Asian Nations, ASEAN)의 거대 공동체를 구성하여 정치·경제 통합체를 지향하고 있으며 도로인프라 건설 및 유지관리에 대한 공통 아젠다를 중심으로 상호 협력하고 있다.

[표 1]에 정리한 것과 같이, 2019년 기준으로 동남아시아 국가 연합의 총 도로연장은 약 1,180,345km이며 이 중 약 49.2%가 포장도로로서 신남방국가 정부에서는 지속적으로 도로포장율을 높이고 튼튼한 포장도로를 시공하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 하지만, 도로포장에 대한 기술 부재, 도로포장 재료 선정 및 시공 노하우 부족, 도로포장 시공 및 유지관리 체계 부재 및 전문인력 부족 등으로 고품질에 포장도로 건설에는 많은 어려움을 겪고 있다. 한국 정부에서는 신남방국가의 포장도로 건설에 기술적 어려움을 해결할 수 있도록 국제개발협력사업(Official Development Assistance, ODA) 지원을 통해 국내 도로포장 기술 가치를 확대해 나가고 있다.



[그림 1] 동남아시아 국가 연합(ASEAN) (출처: 2019 한·아세안 특별정상회의 누리집·리플릿)

[표 1] 동남아시아 국가 연합 국가별 도로연장 및 도로포장율 (출처: <https://data.aseanstats.org>)

Country	Road Length(Km)	Paved Road Length (km)	Paved Road Ratio (%)
Brunei Darussalam	3,714	3,223	86.8
Cambodia	63,432	12,009	18.9
Indonesia	544,917	N/A	N/A
Lao PDR	58,255	12,617	21.7
Malaysia	256,494	192,374	75.0
Myanmar	138,272	40,627	29.4
Philippines	33,018	32,087	97.2
Singapore	3,520	3,520	100.0
Thailand	701,847	407,970	58.1
Viet Nam	594,89	475,918	80.0
Total	2,398,368	1,180,345	49.2

2. 신남방국가의 도로포장 문제점

신남방국가의 도로포장 형식은 약 90% 이상이 아스팔트 포장 및 DBST(Double Bituminous Surface Treatment)로 시공되어 있다. 하지만, [표 2]에 정리한 것과 같이 신남방국가의 아스팔트 포장에서는 기후적인 영향(고온, 강우, 반복적인 건기/우기), 교통하중 영향(과적차량, 교통량) 및 시공환경 영향(품질 기준 및 시공 관리 미흡) 등으로 인해 소성변형, 포트홀 및 탈리 등의 포장파손이 빈번하게 발생하고 있다.

[표 2] 신남방국가의 아스팔트 포장파손 원인

기후적인 영향	교통하중 영향	시공환경 영향
① 지속적인 고온 ② 반복적인 건기/우기 ③ 집중적 강우	① 교통량 증가 ② 중차량 증가 ③ 과적차량 통행 어려움	① 도로포장 설계 부재 ② 도로포장 부적합 재료 적용 ③ 도로포장 시공 기준 부재 ④ 도로포장 품질관리 체계 부재 ⑤ 도로포장 전문인력 부족
[캄보디아 포장파손 사례]	[베트남 포장파손 사례]	[라오스 국립시험소]

3. 국제개발원조사업(ODA) 사례

한국건설기술연구원에서는 [표 3]과 같이 2018년부터 한국건설기술연구원에서는 국토교통부 인프라 ODA 사업과 연계하여 신

남방지역 국가의 도로포장 개선을 위해 기준 현대화, 기술 최적화, 시공 및 관리 인프라 지원, 전문인력 육성 등을 지원하고 있다. 이러한 협력 지원을 통해 국내에서 보유하고 있는 도로포장 기술 가치를 확대하고 신남방지역 도로포장 신시장 진출을 위한 건설한류(K-Construction) 기반을 마련하는데 기여하고 있다.

[표 3] 신남방국가 대상 도로포장분야 국제개발원조사업 사례

사업명	사업 규모	사업 기간	사업목적
베트남 도로 중온 아스팔트 기술 최적화 사업	19.6 억원	2018년 ~2021년	베트남 도로포장 성능 향상 및 도로건설 기술 수준 향상
캄보디아 도로 건설 및 관리 체계 현대화 사업	39.2 억원	2020년 ~2022년	캄보디아 지속가능 도로 인프라 건설 관리 자립적 역할 제공
라오스 도로 건설 및 관리 기반 자립화 사업	53.4 억원	2021년 ~2025년	라오스 정부주도 지속가능하고 튼튼한 도로건설 환경 조성 및 자립화 기반 마련 지원

4. 맺음말

과거 우리의 도로건설 기술은 아주 미숙하였으며 도로의 설계, 시공, 감리 등을 위한 전문 인력의 필요성을 인식하고 선진기술 도입을 위해 미국, 유럽 등에 기술자들을 파견하여 국내 도로건설 발전을 위해 지속적으로 노력하였다. 그 결과 1968년 경부고속도로건설을 시작으로 산업의 생산성 증대와 국민생활향상이 고속으로 이어져 사회 안정과 복지를 누릴 수 있는 선진국으로 도약하는 발판을 마련하였다.

우리나라는 과거 원조사업을 지원받는 수원국에서 원조사업을 지원받는 공여국으로 전환한 유일한 개발도상국으로 다양한 분야에서 국제개발협력사업을 지원하고 있다. 신남방지역 국가에서는 도로인프라 건설중 도로포장율을 높이고 도로포장 파손문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방안 마련을 위한 지원을 한국정부에 요청하고 있다. 따라서, 신남방지역 국가에서 발생하고 있는 아스팔트 포장 문제점은 과거 우리가 이미 경험한 사례가 있어 국내·외 국제개발협력사업과 연계할 경우 국내 도로포장 기술 가치를 확대하고 최적에 솔루션을 제공할 수 있는 좋은 기회가 될 것이라고 믿는다.

국내 구스(GUSS(Mastic)) 아스팔트 포장의 역사

| 진정훈 부사장 (주)세일매트릭스 |

구스아스팔트 포장공법은 유동성이 매우 좋은 죽(gruel)과 같은 상태의 혼합물을 시공 면에 부으면 낮은 곳으로 흐르면서 빈 곳을 채우는(self-leveling) 방법으로 다짐 없이 공극이 0%가 되어 방수성을 갖게 되는 포장 공법이다(그림 1). 구스아스팔트는 인류의 역



그림 1. 구스아스팔트 유동성



그림 2. 수작업에 의한 구스아스팔트 포장



그림 3. 고정식 구스아스팔트생산



그림 4. 이동식 생산 및 운반

사에서 가장 오래된 건설재료의 하나로 4,000년전에 이집트와 중동 지역에서 사용되었으며 유럽에서는 2,000년 전에 그리스에서 사용되었다. 구스아스팔트가 도로분야의 아스팔트 포장 재료로 사용된 것은 1835년 프랑스 파리의 보도포장이 최초이며, 이후 유럽 전역에 퍼져나갔다. 당시에는 수작업에 의한 구스아스팔트 포장 시공을 하였다(그림 2). 1880년대에 독일에서 구스아스팔트 포장 산업이 발전하면서 최초의 고정형 쿠커(그림 3)가 만들어졌고 이후에는 이동형 쿠커(그림 4)가 만들어지면서 도로포장도 장비에 의한 시공으로 발전하게 되었으며, 구스아스팔트 생산플랜트, 쿠커, 시공장비, 그리고 재료 분야의 최고기술을 가지고 있다.

국내의 구스아스팔트포장은 1997년 광양 항만 배후도로인 정산 1교(강상판)(그림 5)에서 독일 기술자의 기술을 받아들여서 국내 기술자들과 함께 시공하였고, 이를 계기로 강상판으로 된 장대교량(현수교, 사장교, 아치교, 연속보 등)에서 구스아스팔트 포장이 시공되었다. 구스아스팔트포장은 시멘트 콘크리트 상판교량의 교면포장으로 2010년 경부고속도로의 갑천교(그림 6), 고속도로의 시멘트



그림 5. 정산 1교



그림 7. 시멘트 콘크리트 포장 덧씌우기(기층)



그림 6. 갑천교(경부고속도로)



그림 8. 쿠커



그림 9. 구스아스팔트 피니셔(1)



그림 10. 구스아스팔트 피니셔(2)



그림 11. 구스아스팔트 포장면

콘크리트 포장의 덧씌우기(그림 7)에 이용되면서 활성화되기 시작하였다. 국내 도로분야의 구스아스팔트는 강상판 및 콘크리트상판 교면포장, 시멘트 콘크리트 포장 덧씌우기 기층포장, 지하차도 기층포장, 중앙분리대 및 측구에 사용되고 있다.

구스아스팔트는 생태학적 제품으로 100% 재사용이 가능한 재활용포장 재료이며, 다짐이 필요 없고 포설과 동시에 유동성이 높아서 자동적으로 공극이 0%가 되어서 방수성이 뛰어나다. 성능면에서는 내마모성, 높은 안정성, 내화학성, 우수한 접착성, 제빙성, 염분에 대한 내성, 기계적 및 열적 부하에 대해 내성, 그리고 오랜 시간 동안 공용성이 유지되는 포장으로 해외에서는 60년 정도의 내구성능을 지니고 있다는 문헌이 있으며, 국내에서는 1997년 정산1교에 기층으로 포장되어서 24년 동안 현재까지 공용중에 있으며 높은 내구성을 증명하고 있다. 이러한 특성과 더불어 고내구성인면서 유지비가 저렴하기 때문에 해외에서는 구스아스팔트가 많은 응용 분야에서 가장 경제적이고 환경 친화적인 포장공법 중의 하나이다.

구스아스팔트 혼합물의 질량대비로 구성성분을 살펴보면 아스팔트 바인더 함량이 6.8-12%, 충전제(filler)가 20-32%, 나머지는 0.074mm-13mm 크기의 골재로 되어있다. 국내 생산 플랜트의 기계적인 한계로 인하여 180-200℃ 온도에서 생산되어서 가열, 숙성, 그리고 현장으로 운반시 쿠커(cooker)라는 전용장비(그림 8)를 사용하여 혼합물의 온도를 220-260℃로 관리하고 현장도착 후에 포설 시공한다.

국내 구스아스팔트에 사용되는 바인더는 두 가지 종류로 첫 번째는 경질아스팔트와 천연아스팔트인 TLA(Trinidad Lake Asphalt)를 사용하는 방식이다. TLA는 인력으로 투입하는 플랜트 믹싱(plant-mixing)방식으로 구스아스팔트 혼합물을 생산하여 쿠커에서 240-260℃로 온도를 유지하여 포설 및 시공한다. 두 번째 방식은 개질아스팔트와 특수 결합제 또는 첨가제와 천연아스팔트(아스팔트 함량이 99%이상의 정제된 천연아스팔트)를 프리믹싱(pre-mixing)방법으로 바인더를 제조하여 일반아스팔트 혼합물과 동일하게 구스아스팔트 혼합물을 생산하는 방식이다. 이때

쿠커는 220-240℃로 혼합물 온도를 유지하며 첫 번째 방식보다 20℃의 온도를 낮춘 방식으로 현재 독일에서 사용하는 친환경 구스아스팔트 기술로써 현재 정부에서 추구하고 있는 그린뉴딜의 정책에 부합하고 있으며, 저탄소 및 에너지 절감방식의 친환경 방식의 생산 및 운반과 포설 시공하는 공법이다. 구스아스팔트 혼합물의 온도를 20℃ 낮춤으로써 아스팔트 바인더의 산화(aging)를 방지하고 작업시 발생하는 수증기를 줄여서 작업환경을 개선한 공법이다. 구스아스팔트 포장의 포설장비는 구스아스팔트 피니셔라는 전용장비(그림 9, 그림 10)를 사용하여 포설하여 시공된 구스아스팔트 포장면은 그림 11과 같다.

구스아스팔트(Guss Asphalt)는 독일의 표현으로 유럽에서 주로 사용하고 있으며, 매스틱 아스팔트(Mastic Asphalt)는 영어적인 표현으로 영어권서 사용하고 있다. 해외에서 민간주도로 조직된 IMAA(International Mastic Asphalt Association)는 구스아스팔트와 관련된 여러 나라의 기업 및 연구소등이 가입되어있는 협회로써 구스아스팔트의 다양성과 잠재성 등에 대한 연구 및 보고서 등을 편찬하고 있다.

일반 아스팔트 포장은 공장에서 생산되는 완제품이 아닌 현장에서 완성되기 때문에 불완전한 다짐으로 인하여 품질이 떨어지는 문제점이 발생하지만, 구스아스팔트 포장은 포장분야의 고급재료로써 현장에서 다짐이 불필요하고 수밀성과 방수기능을 지니고 있어서 이러한 성능을 필요로 하는 구조물에 적합한 포장공법이다. 국내에서는 구스아스팔트가 주로 기층 또는 교량의 레벨링층으로 사용되고 있다. 독일은 1960년대부터 고속도로의 표층으로 사용되고 있으며 아우토반의 46%가 구스아스팔트로 시공되어 있으며 공용수명이 30-40년 이상 된 것도 있다. 이와 같이 구스아스팔트 포장은 LCC(life cycle cost)가 매우 뛰어난 고급도로의 포장으로 독일 및 유럽에서는 각광 받고 있다.

국내 구스아스팔트 포장은 강상판 및 시멘트 콘크리트 상판의 교면포장의 포장재료로써 자리 잡았으며, 현재는 공용수명을 지나서 노후화된 시멘트 콘크리트 덧씌우기 기층용으로 많이 사용되고 있다. 또한 구스아스팔트 포장은 독일기술을 도입되어서 개량되고 발전되면서 한국형 구스아스팔트포장으로 발전되어가고 있다.

국내에서 높은 품질의 구스아스팔트 혼합물을 생산하기 위해서는 구스아스팔트 바인더를 저장할 수 있는 바인더 전용 저장탱크가 필요하며, 많은 양의 충전제를 사용하기 때문에 이를 충분하게 계량을 할 수 있는 계량저울이 있는 시설을 가지고 있어야 한다. 또한 개질 아스팔트보다 높은 온도에서 생산하기 때문에 충분한 가열시설을 확보하여야한다. 쿠커라는 전용장비의 사용으로 인하여 플랜트의 혼합물 배출 높이가 최소 3.9m이상 되어야한다. 또한 많은 쿠커 차량의 대기를 위해서 넓은 면적의 차량 주차장이 필요하다.

구스아스팔트 포장은 장수명 고급포장으로 LCC 비용을 최소화하기 위한 좋은 대안이지만 국내의 도로포장기술자들과 발주처 대부분의 생각이 초기시공비용이 많이 들기 때문에 주저하고 있다. 그러나 운전자들의 도로교통 안전을 확보하기 위해서는 아스팔트 포장 기술자들이 가야할 방향으로 사료된다.

기업소개 : 도경건설(주)

전화 : 061-393-3315 이메일 : dk3160@daum.net
 홈페이지 : http://www.dklmc.co.kr
 주소 : 전라남도 장성군 북이면 봉암로 910

1. 회사 소개

도경건설(주)은 포장공사업을 시작으로 2013년에 설립되었으며, LMC 포장, 결빙방지 아스팔트포장, 에폭시 박층포장, 박층 불투수포장(TSM) 등 다양한 포장공법을 현장에 적용하고 있습니다. 2015년 기업부설연구소를 설립하였으며, 산학연 기관과 협력하여 도로포장관련 연구를 수행하고 있습니다. 현재 진행하고 있는 주요 연구로는 겨울철 도로살얼음을 방지할 수 있는 결빙방지 아스팔트포장 공법, 노후 콘크리트 위 아스콘 덧씌우기 시 반사균열 및 열화 방지를 위한 박층 불투수포장(TSM : Thin Sand Mastic) 공법, 콘크리트 교면포장의 예방적 유지보수 공법인 에폭시 박층포장에 대한 연구를 수행하고 있습니다. 도경건설은 도로포장 분야의 선두주자 (Solution Leader & Provider)가 되고자 신기술·신공법 개발에 최선을 다하고 있습니다.

2. 사업 분야

• 결빙방지 아스팔트포장

- 겨울철 도로 살얼음 및 압설을 방지하는 포장공법으로 아스팔트 혼합물에 빙점감하 특성이 있는 화학적 결빙방지재 (Grikol)를 혼합하여 노면의 결빙을 최대 -6°C까지 억제하는 포장공법
- 적용구간 : 결빙으로 인한 미끄럼 발생구간 및 위험구간, 교량, 터널 진출입부



• 결빙방지 표면처리

- 겨울철 도로 살얼음 및 압설을 방지하는 포장공법으로 기존 포장면 위에 화학적 결빙방지재(Grikol)가 혼합된 수지를 1~2mm 두께로 도포하여 노면의 결빙을 억제하는 공법
- 적용구간 : 결빙으로 인한 미끄럼 발생구간 및 위험구간, 교량, 터널 진출입부(기존 아스팔트포장 및 콘크리트포장 상부에 적용 가능)



• 박층 불투수포장(TSM ; Thin Sand Mastic)

- 반사균열 저항성 및 방수성능을 향상시킨 샌드 매스틱 아스팔트 혼합물을 하부층에 적용하고 상부층에 SMA 혼합물을 시공하여 콘크리트 포장 위 아스팔트 덧씌우기 공사 시 발생하는 반사균열 및 포트홀, 하부 콘크리트의 열화를 방지하는 공법임. 전체 포장단면이 최소 4.5cm로 기존단면 10cm보다 50% 감소시켜 경제성을 향상시킨 포장 공법
- 적용구간 : 콘크리트포장 위 아스팔트 덧씌우기 공사, 알카리골재반응구간 포장 개량 공사

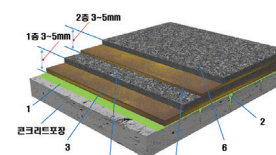


(a) 샌드 매스틱 포설

(b) 포장 단면 구성

• 에폭시 박층포장

- 기존 콘크리트계 교면포장(LMC, 노출 등)을 제거하지 않고, 기존 교면포장 위에 적용 가능한 예방적 유지보수공법으로 침투성 및 접착강도, 수밀성, 내화학성이 우수한 에폭시 수지를 이용하여 콘크리트포장에 발생한 균열을 충전하고, 포장 및 교량바닥판을 염화물로부터 보호하여 구조물의 안전성 및 내구수명을 향상시킨 고내구성 에폭시 박층포장 공법
- 적용구간 : 콘크리트 교면포장(교면포장 손상발생 지연 및 내구성 확보 가능)



- 1 : 프라이머 도포
- 2 : 균열부 충전
- 3 : 에폭시 수지 도포(1차)
- 4 : 골재 살포(1차)
- 5 : 에폭시 수지 도포(2차)
- 6 : 골재 살포(2차)



(a) 시공 중



(b) 시공 후