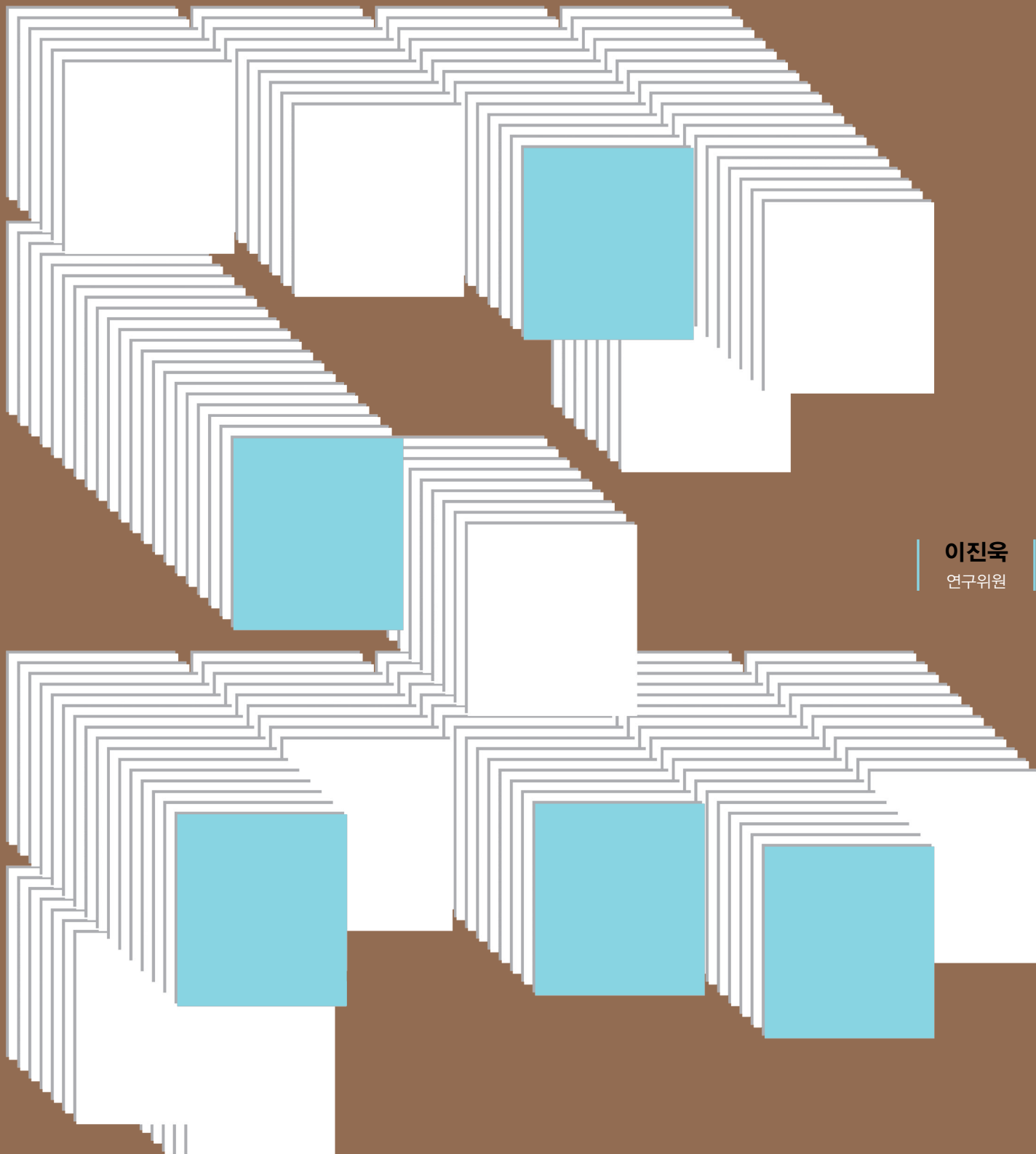


정책리포트

기술 분야

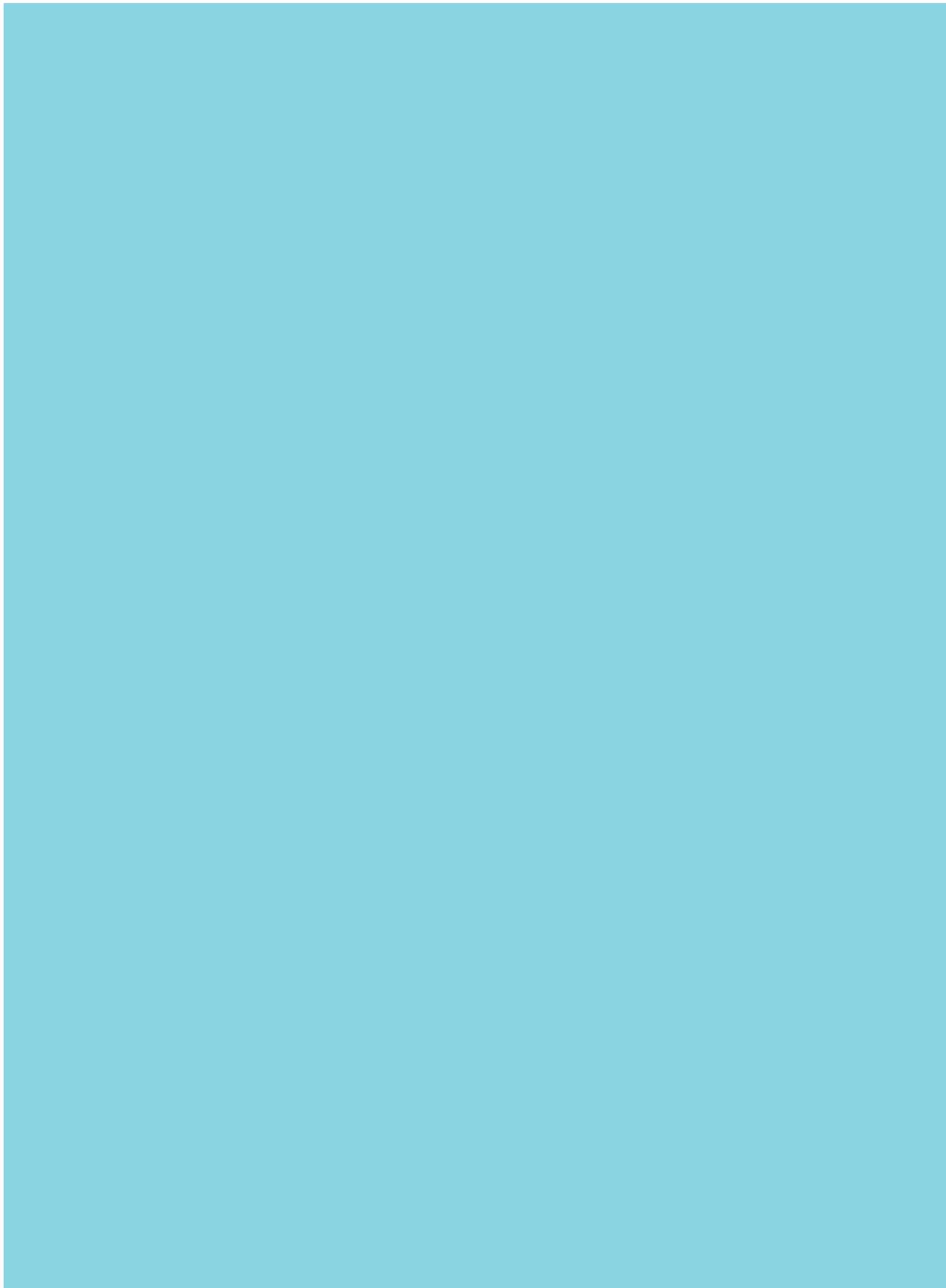
435호

2025. 12. 8.



이진욱
연구위원

서울시 아스팔트 도로의
기후변화 대응 방안



2025. 12. 8.
서울연구원 정책리포트(기술 분야)
435호

서울시 아스팔트 도로의 기후변화 대응 방안

이진욱 연구위원
02-2144-2946
wook@si.re.kr

요약	3
I. 기후변화로 아스팔트 도로 관리가 어려워지는 이유는?	4
II. 서울시 아스팔트 도로의 기후변화 대응 경과	8
III. 국외 아스팔트 도로의 기후변화 대응 현황	12
IV. 정책제언	18

요약

서울시의 아스팔트 도로는 기후변화로 인한 고온과 강수량 증가로 소성변형, 포트홀 등 파손이 증가하며 시민 안전을 위협하고 있으나, 기존 대응 공법들은 한계에 부딪히고 있다. 이에, 재료 규격 중심의 현행 기준에서 벗어나 실제 내구성을 보장하는 '성능 중심 기준'으로 전환하여 기후변화에 적응하고, 자원 선순환 경제를 구축하여 기후변화를 완화하는 패러다임 전환이 요구된다. 이를 위해 미국, 일본, 유럽 등 해외 선진국처럼 정책 마련, 기술 고도화를 추진해야 하며, 현황 분석, 정량적 목표 설정, 성능 기준 및 전과정평가 도입, 인센티브 제공 등을 포함하는 체계적인 중장기 로드맵 수립을 통해 기후변화 대응력을 강화해야 한다.

서울시 아스팔트 도로, 기후변화로 인한 파손 및 안전 위협 증가

서울시 도로의 90% 이상을 차지하는 아스팔트 도로포장은 기후변화로 인해 관리의 어려움을 겪고 있다. 아스팔트는 온도에 따라 성질이 변하는 점탄성 재료로, 특정 기후 범위에 맞춰 설계된다. 하지만 기후변화로 인해 기온이 상승하고 강수량이 증가할 것으로 예측되면서, 기존 설계 기준을 초과하는 환경에 노출되고 있다. 이에 따라 여름철 고온에서는 소성변형이 증가하고, 집중호우와 강수량 증가는 균열과 포트홀 발생을 증가시킨다. 또한, 이러한 도로 파손은 젖은 노면에서의 교통사고 치사율을 높이는 등 시민 안전까지 위협하고 있는 실정이다.

해외에서는 제도 정비 및 기술 고도화로 기후변화 대응력 강화 중

서울시는 기후변화 대응을 위해 고온 저항, 강수량 증가, 탄소 배출 저감을 위한 다양한 아스팔트 포장도로 공법을 적용해 왔다. 그러나 각 공법은 품질, 내구성, 경제성 확보의 어려움 등으로 확대 적용에 한계를 겪고 있다. 한편, 해외에서는 2050년 넷제로, 순환 경제 실현과 같은 비전을 선포하고 제도 정비와 기술 고도화를 통해 기후변화 대응력 강화를 추진하고 있다. 미국의 성능 중심 기준 도입, 일본의 세계 최고 수준의 재활용 아스팔트 사용률 달성, 유럽의 자가 치유 아스팔트, 비석유계 바이오 기반 아스팔트 개발 등 다양한 정책과 기술의 고도화를 통해 중장기적 기후변화 대응 전략을 추진하고 있다.

서울시 도로 정책의 패러다임 전환과 기술 고도화를 통해 기후변화 대응력 강화 필요

기후변화 적응을 위해 기존의 재료 규격 중심에서 실제 현장의 내구성을 보장하는 성능 중심 기준으로 전환, 완화를 위해 자원 선순환 경제 기반 구축 등이 요구된다. 기후변화 대응 공법의 기술 고도화를 추진하고, 이러한 전략들을 체계적으로 이행하기 위해 현황 분석, 정량적 목표 설정, 성능 중심 기준 도입, 전과정평가 기반 관리, 인센티브 도입 등 정량적 평가 기반 중장기 로드맵 추진이 요구된다.

I. 기후변화로 아스팔트 도로 관리가 어려워지는 이유는?

I 더 더워지고 습해지는 기후, 아스팔트 도로 관리의 어려움 증가 예상

서울시 차도의 90% 이상을 차지하는 아스팔트 도로, 장점과 단점

- 시공 및 유지보수의 편의성, 쾌적한 주행과 신속한 교통 개방이 가능하여 도심지는 대부분의 도로가 아스팔트 포장으로 이루어져 있음
 - 주요 장점
 - 빠른 시공 및 통행: 단시간 내에 시공 후 차량 통행 가능
 - 경제성: 초기 시공 비용이 콘크리트 포장에 비해 저렴
 - 쾌적한 주행: 노면이 평탄하여 승차감이 좋고, 소음과 진동이 적음
 - 쉬운 유지보수: 손상된 부분만 절삭 후 재포장하는 등 비교적 간단히 유지보수 가능
 - 유연성: 탄성과 유연성이 높아 기온 및 지반 변화에 대한 내성이 강함
- 여러 장점에도 불구하고 상대적으로 짧은 수명과 기후 및 환경에 대한 취약성 등 다양한 단점도 존재
 - 주요 단점
 - 낮은 내구성 및 수명: 콘크리트 포장 대비 내구성이 약해 잦은 유지보수가 필요하며, 장기적으로는 유지보수 비용이 클 수 있음
 - 고온에 취약: 여름철 고온에 민감하여 유동화되거나 변형
 - 증차량에 취약: 증차량 통행이 잦은 구간에서는 파손 및 변형이 쉽게 발생
 - 환경 문제 유발: 탄소 배출, 도시 열섬효과 심화, 물순환 교란 등

적정온도 범위로 설계되는 아스팔트 혼합물, 기후변화에 민감

- 온도에 따라 거동이 달라지는 아스팔트 도로, 기후에 따라 적정온도 범위로 설계
 - 아스팔트 도로는 보통 160~170도의 온도에서 돌과 모래, 아스팔트를 섞어 만든 혼합물을 현장에서 운반하고 다짐하여 건설
 - 아스팔트는 석유에서 추출한 것으로 점성(Viscosity)과 탄성(Elasticity)의 성질을 모두 갖는 점탄성(Viscoelasticity) 재료로 마치 초콜릿이 더우면 녹고 추우면 딱딱해지는 것처럼 온도에 따라 성질이 변하는 특성이 있음
 - 기후에 적합한 적정온도 범위의 아스팔트를 적용하기 위해 아스팔트의 점탄성 거동을 측정하여 온도에 대한 저항성을 직접적으로 나타낸 공용성 등급(Performance Grade) 기준을 사용

[표 1] 아스팔트 공용성 등급 기준

KS F 2389(아스팔트의 공용성 등급)에 따른 공용성 등급은 PG XX-YY로 표현된다. 여기서 XX는 고온 등급으로 고온에 서의 소성변형에 대한 저항성을 나타내며, 과거 20년 이상의 기상자료 중 연속되는 7일간의 최고 대기 온도의 평균값으로 포장 깊이 2cm의 온도를 추정하여 결정한다. YY는 저온 등급으로 균열에 대한 저항성을 나타내며 아스팔트 포장의 최저 대기 온도로 결정한다.
 만일 아스팔트 포장 시공 현장의 연속 7일간의 최고 대기 온도에서 포장 최고 온도의 평균이 64℃이고, 최저 온도가 -22℃ 이면 일반적으로 PG 64-22 등급의 아스팔트를 적용한다.

자료: 국토교통부, 2024, 아스팔트 콘크리트 포장 시공 지침

기후변화로 기온 상승과 강수량 증가 예측

- 기후변화로 서울시 극한기후 현상의 고온 분야 증가, 저온 분야 감소 예측
 - IPCC(기후변화에 관한 정부 간 협의체) 제6차 평가보고서(2021)는 신규 기후변화 시나리오인 SSP(Shared Socioeconomic Pathways, 공통사회 경제경로¹⁾)를 기반으로 미래 기후변화를 전망
 - 기상청은 SSP 기반으로 지역 기후변화 전망보고서(2023)를 통해 17개 광역시·도에 대한 현재(2000~2019년), 전반기(2021~2040년), 중반기(2041~2060년), 후반기(2081~2100년)의 기후요소(평균 기온, 강수량 등)와 극한기후지수를 제시
 - 지역 기후변화 전망보고서는 서울시의 연평균 기온은 2100년까지 4.6℃ 상승하고 강수량은 18.1% 증가할 것으로 전망
 - 특히 폭염일수는 406%, 열대야일수는 524% 증가하는 등 고온 요소 극한기후 현상은 증가하고 저온 요소 극한기후 현상은 감소할 것으로 예측

[표 2] 서울시 21세기 기후변화 전망

항목	현재	전반기	중반기	후반기
	2000~2019	2021~2040	2041~2060	2081~2100
연평균 기온(℃)	13.1	14.5(+1.4) (11% 증)	15.6(+2.5) (19% 증)	17.7(+4.6) (35% 증)
연평균 최고기온(℃)	17.9	19.4(+1.5) (8% 증)	20.4(+2.5) (14% 증)	22.6(+4.7) (26% 증)
연평균 최저기온(℃)	9.0	10.4(+1.4) (16% 증)	11.5(+2.5) (28% 증)	13.7(+4.7) (52% 증)
연 강수량(mm)	1269.6	1376.5(+10.1%) (10% 증)	1418.4(+11.7%) (12% 증)	1498.7(+18.1%) (18% 증)
일 최고기온(℃)	35.9	38.4(+2.5) (7% 증)	40.6(+3.7) (13% 증)	41.6(+5.7) (16% 증)
일 최저기온(℃)	-14.2	-13.5(+0.7) (5% 감)	-12.4(+1.8) (13% 감)	-9.2(+5.0) (35% 감)
일 최대 강수량(mm)	139.7	174.7(+35.0) (25% 증)	186.9(+47.2) (34% 증)	195.2(+55.5) (40% 증)

※ 단기/중기/장기 자료 중 ()는 현재(2000~2019년) 대비 증감률을 나타냄

자료: 기상청, 2023, 지역 기후변화 전망보고서 개정판

1) 2100년까지 세계의 사회경제적 변화에 따라 예상되는 온실가스 배출량과 기후 변화 대응 시나리오를 제시하는 미래 예측 체계

기후변화로 아스팔트 도로 관리는 점점 어려워질 것으로 예상

- 온도 상승으로 소성변형 증가 및 열섬현상 심화 예상
 - 고온 환경에서 아스팔트 도로의 표면 온도 증가는 점성을 감소시켜 혼합물 간 결합력이 약해져 도로의 조기 파손 및 소성변형(rutting) 발생의 원인으로 작용
 - 소성변형: 여름철 고온에서 트럭과 같이 무거운 차량이 지나갈 때마다 도로가 조금씩 늘리면서 움푹 파이는 현상



자료: 포장 파손 유형별 유지보수 방안 연구, 2020, 서울기술연구원

[그림 1] 재료적 측면 소성변형 발생 유형 및 서울시 발생 사례

- 아스팔트 도로는 검은색 표면과 광범위한 피복 면적으로 인해 여름철 다량의 열을 흡수한 후 지속적으로 대기에 열을 발산해 도시 열섬효과를 악화시키는 원인 중 하나임

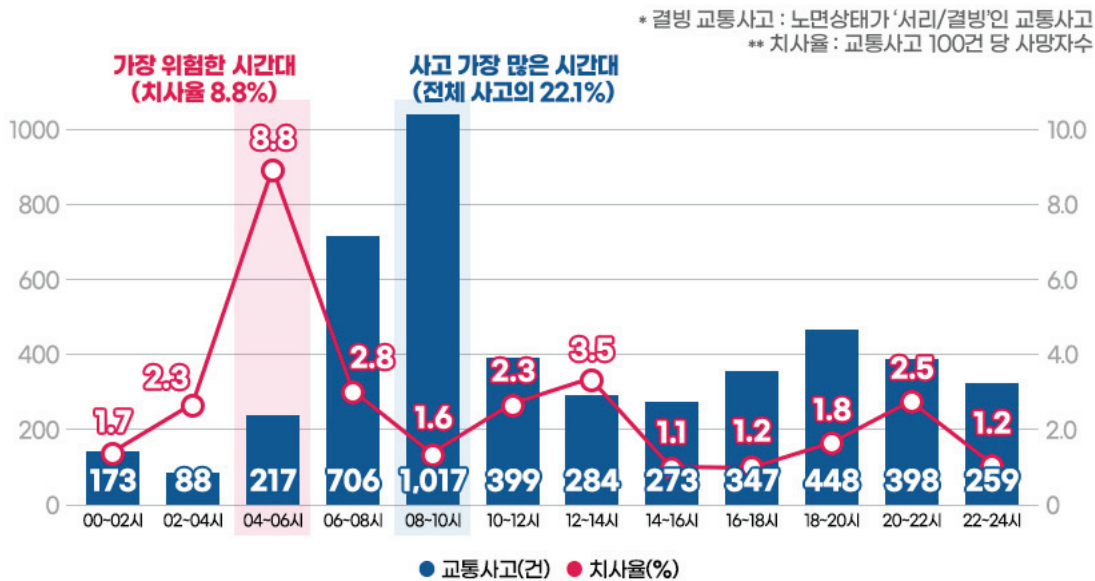
- 강수량 증가로 균열 및 포트홀 증가 예상
 - 기후변화로 인한 강수 패턴의 변화는 아스팔트 도로의 다양한 수분 관련 파손의 주요 원인
 - 집중호우는 균열(cracking)의 발생을 촉진하며, 균열부에 수분이 침투하여 포장체 하부 구조를 약화시키고, 교통 하중과 결합하여 포장 수명을 급격히 단축함
 - 특히 동결-융해 사이클이 반복되는 지역에서는 수분이 포장 내부에 침투하여 균열을 확대하는 메커니즘이 더욱 가속화되며 포트홀로 발전함



자료: 포장 파손 유형별 유지보수 방안 연구, 2020, 서울기술연구원

[그림 2] 서울시에서 발생한 포트홀 사례

- 아스팔트 도로는 기후변화의 피해를 받는 동시에 이를 가속화하는 복잡한 양방향 상호작용 구조
 - 기후변화로 인한 극한 기상현상은 아스팔트 도로의 내구성을 저하시키고 수명을 단축시키는 반면, 기후변화를 가속화하는 원인이 되기도 함
 - 피해: 폭염으로 인한 소성변형, 집중호우로 인한 포트홀, 동결융해 사이클로 인한 균열 등 기후변화로 직접적 피해 발생
 - 가해: 도시 열섬효과 심화, 생산·시공 과정의 탄소 배출, 불투수층 형성으로 인한 물순환 교란
- 교통사고 발생률 증가
 - 날씨는 교통안전에 큰 영향을 미치며, 2019년부터 2023년까지 5년간의 교통사고 통계를 보면, 맑은 날의 치사율은 1.3%인 데 비해 비 오는 날은 2.8%로 2.2배나 높게 나타나는 등 악천후일 때 사고 발생 가능성 매우 높음
 - 노면 상태도 교통안전에 영향을 미치며, 건조한 노면의 치사율은 1.3%인데 젖은 노면은 2.1%로 1.6배 높음. 또한, 결빙된 노면은 2.4%로 1.8배나 높게 나타남
 - 강수량의 증가는 젖은 노면에서 주행할 기회가 늘어나고 특히 집중호우가 잦아지면 도로에 물이 고이는 수막현상도 더 자주 발생하여 교통사고 발생 확률이 높아짐



자료: 한국도로교통공단, 2023, “겨울철 도로살얼음, 안전운전 주의”

[그림 3] 최근 5년간(2018~2022년) 결빙 교통사고 시간대별 현황

II. 서울시 아스팔트 도로의 기후변화 대응 경과

I 기후변화 대응을 위해 다양한 아스팔트 도로포장 공법 적용

고온 대응 공법

- 소성변형 저감형 개질아스팔트 포장
 - 개질아스팔트는 일반 아스팔트에 특수한 재료를 섞어 고온에서도 잘 물러지지 않아 소성 변형에 강하고, 저온에서도 균열이 잘 생기지 않는 특성이 있음
 - 서울시는 고온 저항성 강화를 위해 소성변형이 많이 발생한 13개소에 고온 등급을 1~2개 상향한 개질아스팔트 포장을 시공하고 2~3년이 경과한 2022년도에 조사한 결과 전체 평균 소성변형이 4.1mm이고, 일반 아스팔트 포장(PG 64-22) 대비 우수한 성능을 확인함

[표 3] 아스팔트 바인더 공용성 등급 분류

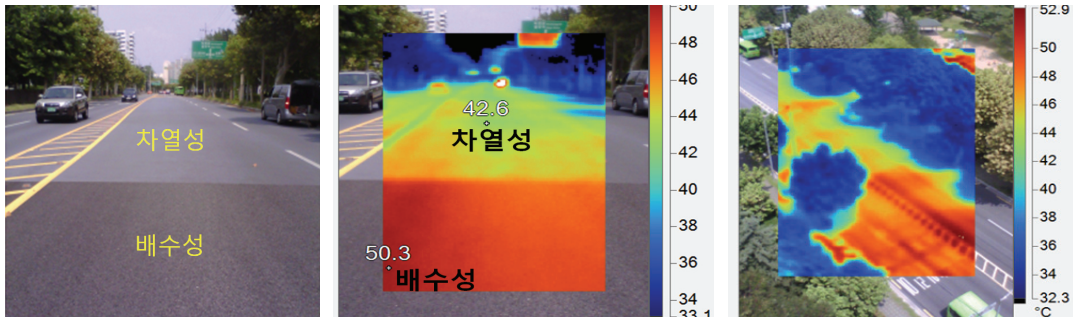
구분	고온(°C)					
	52	58	64	70	76	82
저온(-22°C)	PG 52-22	PG 58-22	PG 64-22	PG 70-22	PG 76-22	PG 82-22

- 서울시는 2018년 연속된 7일간 평균 최고 대기 온도가 37.5°C를 기록하였으며, 이를 포장 온도인 1.8배²⁾로 환산하면 67.5°C로 추정되어 일반 도로의 아스팔트 고온 등급을 한 단계 상향된 70°C로 상향하는 것에 대한 검토가 필요한 시점임
 - 또한, 기후변화로 기온은 지속적으로 상승할 것으로 예측되어 적정 시점마다 아스팔트의 고온 등급 상향에 대한 검토가 필요함
 - 아스팔트의 고온 등급을 상향하면 도로의 수명이 증가하지만, 생산 비용도 증가하는 것을 고려하여 고온 등급 상향 검토 시 경제성 확보를 위한 내용도 수반되어야 함
- 도심 열섬현상 저감형 차열성 포장
 - 2000년대 중반부터 도심지역의 온도가 주변보다 훨씬 높아지는 현상이 심각한 도시문제로 부각되었으며, 이런 도심 열섬화 현상은 더욱 가속화될 것으로 전망
 - 아스팔트 도로는 태양열 반사율(알베도)³⁾이 매우 낮아 태양열을 반사하지 않고 흡수하는 특성이 있어 여름철 낮 축적된 많은 복사열을 밤에 발산하여 도시열섬의 주요 원인이 됨
 - 차열성 포장은 도로 표면에 특수 도료나 단열성 수지 등을 도포하여 태양열 반사율을 높이는 공법으로 일반 아스팔트 포장에 비해 노면 온도를 5~10°C 줄이는 효과가 있음

2) 국토교통부 (2024), 아스팔트 콘크리트 포장 시공지침

3) 알베도: 아스팔트 도로포장 0.05~0.15, 콘크리트 도로포장 0.30~0.70

- 2016년 서울시는 차열성 포장의 도입을 위해 성능을 평가하였으며, 시공 11개월 후 일반 아스팔트 도로포장과 비교한 결과 기존 포장은 최고 50.3℃, 차열성 포장은 최고 42.6℃로 나타나 약 8℃ 온도저감 효과를 확인함



[그림 4] 차열성 포장 시험시공 구간 전경 및 온도 측정 결과(11개월 경과)

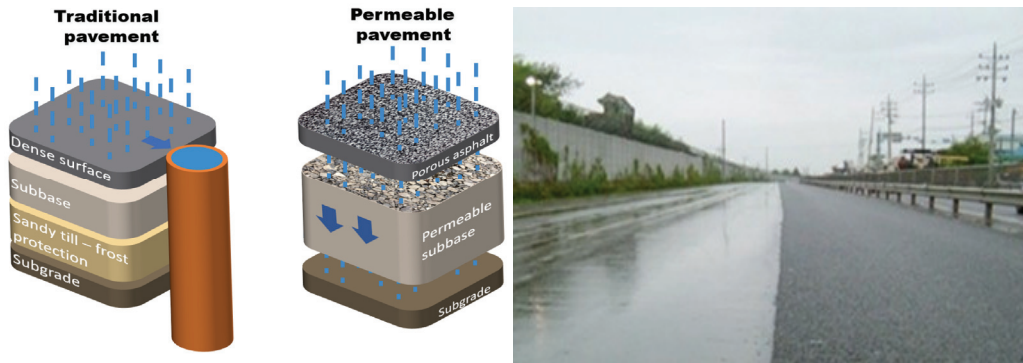
- 그러나, 차열성 포장은 도로 표면에 도포하는 공법의 특성상 시공 후 주행 차량에 의해 표면의 코팅이 닳아 없어져 온도 감소 효과가 급격히 감소하고 골재가 떨어져 나가 내구성이 저하되는 기술적 한계를 보임
- 현재 아스팔트 도로의 표면 온도를 줄이는 포장 공법은 차열성 포장이 유일하지만, 고가의 차열성 재료 비용으로 인해 경제성이 낮아 확대에 어려움이 있는 실정임



[그림 5] 차열성 포장 파손 사례(서소문로)

강수 대응 공법

- 빗물을 신속하게 배수 또는 흡수하는 배수성/투수성 포장
 - 일반 도로는 공극률, 즉 구멍의 비율이 5% 이하인데, 배수성 포장과 투수성 포장은 20% 이상인 것이 특징인 공법으로 많은 구멍으로 빗물이 빠르게 빠져나가 비 오는 날 도로에 물이 고여서 생기는 수막현상을 방지하는 효과가 있음
 - 배수성 포장은 빗물을 표면이 아닌 포장체 중간에서 빠르게 배수시키는 포장으로 빗물을 포장 하부로 침투/흡수하는 투수성 포장과 차이가 있음



[그림 6] 포장의 배수/흡수 방식 비교: (좌) 일반 vs 투수성, (우) 일반 vs 배수성 포장

- 서울시는 2014년에 ‘서울특별시 물순환 회복 및 저영향개발 기본 조례’를 개정하는 등 배수성/투수성 포장의 확대를 위해 노력하고 있으나, 일반 아스팔트 도로 대비 고비용, 짧은 수명, 공극 막힘과 같은 유지관리의 어려움 등이 적용 확대에 제약이 됨
- 배수성/투수성 포장은 열섬현상 완화와 소음 저감, 물순환 효과로 인해 기후변화 대응을 위해 중요한 공법이며 강수량 및 집중호우의 증가가 예상되는 현시점에 배수성/투수성 포장의 성능 개선과 적용 확대를 위한 노력이 요구됨

탄소배출 저감 공법

- 저에너지 소비로 탄소 배출을 줄이는 중온 아스팔트 포장
 - 중온 아스팔트 포장(Warm Mix Asphalt, WMA)은 기존의 가열 아스팔트 포장(Hot Mix Asphalt, HMA) 대비 약 20~30℃ 정도 낮은 온도에서 생산과 시공이 가능하고 동일한 품질과 성능을 유지하는 저에너지 소비형 공법
 - 중온 아스팔트 포장은 낮은 온도에서 생산·시공되는 과정에서 에너지 소비와 환경 오염이 줄어 친환경적이며, 작업 환경이 개선될 뿐만 아니라 시공 직후 신속히 경화되어 조기 교통 개방이 가능한 장점이 있음



(좌) 일반 가열 아스팔트

(우) 중온 아스팔트

[그림 7] 아스팔트 혼합물 생산 및 시공 전경

- 서울시는 2010년대 초반부터 중온 아스팔트를 시범적으로 적용하기 시작했으며, 시험 시공 결과 일반 아스팔트와 유사한 성능을 보여주어 지속적인 확대가 필요함

- 자원 절약으로 탄소 배출을 저감하는 순환 아스팔트 포장(재활용 아스팔트 포장)
 - 순환 아스팔트 혼합물⁴⁾은 기존 도로의 유지보수를 위한 공사 중 절삭 과정에서 발생한 폐 아스콘을 가공한 순환골재에 신규 아스팔트와 첨가제를 넣어서 생산된 혼합물
 - 신규 골재 및 아스팔트 사용량을 줄일 수 있고, 폐기 처리 또는 매립 등으로만 사용할 수 있는 순환골재를 재활용하므로 신규 골재 및 아스팔트 생산을 줄여 천연자원 보호 및 에너지 절감에 유용
 - 서울시는 순환 아스팔트 포장을 확대하기 위해 기층에는 모두 순환 아스팔트 포장을 적용하고 있으나, 다음과 같은 어려움이 있어 국토부/환경부의 「건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률」 기준인 40%에 미치지 못하고 있는 실정임
 - 용도의 제한: 과거에는 순환골재의 사용 용도가 도로 보조기층용 등으로 한정되거나 품질 문제 우려로 표층 사용이 제한적
 - 품질 확보의 어려움: 순환골재의 수급 관리 및 품질 확보가 어렵고 순환 아스콘은 현장 작업 여건에 따라 품질 변동이 클 수 있어, 균질한 포장을 위한 철저한 시공 관리가 필수
 - 순환 아스팔트 포장의 확대를 위해 품질에 대한 신뢰성 회복이 필요하며 기술 개선을 통해 점진적인 순환골재의 사용량 확대가 필요한 실정임



[그림 8] 순환 아스팔트 포장 표층 시범 적용 구간(마장로)

4) 순환골재를 25% 이상 사용한 것을 순환 아스팔트 혼합물로 인정

Ⅲ. 국외 아스팔트 도로의 기후변화 대응 현황

I 미국, 일본, 유럽의 아스팔트 도로 분야 기후변화 대응 노력

미국의 아스팔트 도로 기후변화 대응 전략

- 시기별 대응 전략
 - 2000년~2009년: 친환경 기술 도입기
 - 환경 문제에 대한 인식이 높아지면서 친환경 기술이 본격적으로 도입된 시기
 - 에너지 사용량 저감 기술 도입, 온실가스 배출 감소 추진, 자원 재활용과 환경 영향 저감
 - 유럽에서 개발된 중온 아스팔트 기술을 미국에 도입
 - 순환 아스팔트 사용률 15~25% 수준으로 증가
 - 2010년~2019년: 성능 기반 설계 확대기
 - 단순히 환경을 생각하는 것을 넘어 성능을 중심으로 설계하는 방식이 확대
 - 장기 공용성 확보, 생애주기 비용 최적화, 다양한 성능 지표의 균형 추구
 - 순환 아스팔트 사용률 30~40%로 확대
 - 성능 중심의 포장 설계 방식 전환
 - 2020년 이후: 탄소중립 추진기
 - 2050년까지 Net-Zero⁵⁾ 탄소 배출 추진 목표 설정
 - 고품량 RAP 기술 개발 가속화: 재활용 비율을 50% 이상으로 높이기 위한 기술 개발 중
 - 순환 경제 실현을 위한 법과 제도 정비
- 핵심 전략 및 기술
 - 2050년까지 아스팔트 도로 분야 넷제로(Net-Zero) 추진
 - 미국 국립 아스팔트 포장 협회(NAPA, National Asphalt Pavement Association)가 주도하는 'The Road Forward'와 미국 연방 도로청(FHWA, Federal Highway Administration)의 재정적 인센티브를 제공하는 투 트랙(Two-Track) 전략 추진
 - NAPA는 2022년 1월 'The Road Forward' 2050년 Net-Zero 달성 비전 발표, 이는 산업계 스스로가 탄소중립을 달성하기 위한 계획이며 4가지 핵심 목표는 다음과 같음
 - ① 생산 및 시공의 넷제로: 아스팔트 플랜트 및 포장 시공 현장에서 발생하는 온실가스 배출에 대한 넷제로 달성
 - ② 넷제로 소재 공급망 구축: 아스팔트 혼합물 생산에 사용되는 모든 원자재의 공급망에서 넷제로 달성
 - ③ 발주처 협력 및 효율성 증대: 주정부 교통국 등 발주처와 협력하여 포장의 품질, 내구성, 장수명화를 통해 생애주기 동안의 배출량 저감

5) 아스팔트 포장 분야에서 탄소 순 배출을 제로로 만들겠다는 취지로 배출한 만큼 흡수하거나 아예 배출 자체를 하지 않는 것이 목표

- ④ 재생에너지로의 전환: 아스팔트 산업 전반에 사용되는 전력을 2050년까지 넷제로 탄소 전력으로 전환
 - 미국 연방도로청(FHWA)은 산업계의 노력을 지원하기 위해 강력한 재정적 인센티브를 제공하는 저탄소 교통 재료 프로그램을 추진하고 있으며 방식은 다음과 같음
 - ① 각 주의 교통국(DOT)이나 기타 기관이 저탄소 재료를 구매할 때 인센티브 또는 비용 환급 제공
 - ② 저탄소 재료 인증을 위해 EPD(환경성적표지)와 LCA(전과정평가) 데이터 제출을 의무화 하거나 강력히 권고
- 균형 배합설계(BMD, Balanced Mix Design) 도입
 - 재료와 시공 방법을 세세하게 규정하는 대신, 최종 성능 기준을 제시하는 성능 중심의 포장 설계 방식
 - 과거에는 소성변형을 줄이기 위해 딱딱한 아스팔트를 쓰면 균열에 약해지는 문제가 있었으나, 균형 배합설계는 이런 상충관계를 해결해 모든 성능이 골고루 우수한 균형 잡힌 성능 확보를 위한 배합을 찾아내는 방법

[표 4] 기존 체적 배합설계 방식과 균형 배합설계 방식 비교

구분	기존 체적 배합설계(Superpave)	균형 배합설계(BMD)
주요 결정 기준	혼합물의 체적 특성(공극률, VMA, VFA 등)	성능 시험 결과 (균열 저항성, 소성변형 저항성, 내수성 등)
목표	규격에서 정한 체적 기준을 충족시키는 것	현장에서 요구되는 내구성 및 손상 저항성을 달성하는 것
혁신성	재료 사용에 제약이 많음	새로운 재료(재활용 재료, 첨가제 등) 및 혁신 기술의 도입을 용이하게 함

- 고품량 재활용 아스팔트(RAP) 기술 개발
 - 폐아스팔트를 50% 이상 재활용하는 기술을 개발하고 있으며, 50% 사용 시 일반 혼합물 대비 탄소 배출을 29%까지 줄이는 효과가 있음
- 미국 기후변화 대응 전략의 시사점
 - 장기적 목표 설정의 중요성: 2050년 Net-Zero라는 명확한 목표가 모든 정책과 기술 개발의 방향성 제시
 - 단계적 접근: 친환경 기술 도입 → 성능 기반 설계 → 탄소중립 추진으로 이어지는 단계적 발전이 안정적인 변화를 가능하게 함
 - 다층적 협력 체계: 연방정부, 주정부, 학회, 산업계가 각자의 역할을 하면서 협력하는 체계로 효과적 접근
 - 성능 중심 접근: 재료와 방법보다 최종 성능을 중시하는 접근이 혁신을 촉진

일본의 아스팔트 도로 기후변화 대응 전략

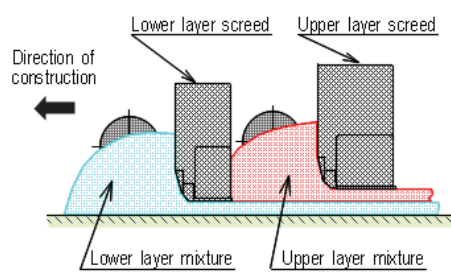
○ 시기별 대응 전략

- 2000-2009년: 도심 열섬현상 대응기
 - 이 시기는 지구온난화 대응의 일환으로 도심 열섬현상 완화를 목표로 정책을 추진
 - 국토교통성과 대도시 중심으로 도로 노면의 온도 상승을 억제하는 정책을 강력하게 추진
 - 도쿄도는 쿨 시티(Cool City) 전략을 통해 도심 온도를 낮추기 위한 정책 추진
 - 온도 저감을 위해 차열성 포장과 보수성 포장 기술 개발 및 도입
- 2010-2019년: CO₂ 저감(완화) 및 적응 기술 고도화기
 - 기존의 '적응'(열섬 대응) 정책에 더해 발생하는 CO₂를 직접 줄이는 '완화' 정책이 본격적으로 도입
 - 저탄소·순환형 사회 구축: 도로 분야의 에너지 효율화와 자원 순환을 강조
 - LCA(전과정평가) 개념 도입: 도로 분야의 전 과정에서 발생하는 환경 부하(특히 CO₂)를 정량화하려는 움직임 시작
- 2020년-현재: 2050 넷제로(Net-Zero)·탈탄소 전환기
 - 2020년 일본 정부의 '2050 카본 뉴트럴' 선언으로 저감을 넘어 탈탄소를 목표로 설정
 - 국토교통성 '도로 분야 카본 뉴트럴 추진 전략' 수립

○ 핵심 기술 및 전략

- 고품량 순환 아스팔트 기술
 - 세계에서 가장 높은 수준의 순환골재 사용률: 평균 47% 이상
 - 폐아스팔트의 철저한 품질관리 및 선별
 - 고성능 재생 첨가제 사용
 - 프레이밍(입도별 분리) 기술
 - 천연자원 절약, 탄소배출 감소, 폐기물 최소화, 매립지 부담 감소
- 차열성 포장 기술
 - 특수 코팅제로 태양열을 반사
 - 도로 표면 온도 약 10℃ 저감, 주변 대기 온도도 2~3℃ 낮춤
 - 내구성 개선을 위한 지속적인 연구
- 보수성 포장 기술
 - 포장체 내부에 물을 머금을 수 있는 특수 블록이나 공극이 많은 아스팔트 혼합물을 사용
 - 낮 동안 머금고 있던 수분이 증발(기화열)하면서 노면의 열을 빼앗아 온도를 낮추는 효과
 - 살수차를 이용해 강제로 물을 뿌려 효과를 극대화하기도 함
- 내구성 중심 설계 철학
 - 설계 단계
 - ① 생애주기 비용(LCC) 분석 필수

- ② 장기 공용성 예측 모델 활용
- ③ 기후 조건을 고려한 재료 선정
- 시공 단계
 - ① 엄격한 품질관리 기준
 - ② 실시간 품질 모니터링
 - ③ 시공 환경(온도, 습도 등) 철저 관리
- 유지관리 단계
 - ① 예방적 유지관리 중심
 - ② 정기적인 상태 조사 및 평가
 - ③ 조기 보수로 장기 수명 확보
- 다층 포장 기술(Multi-Asphalt Paver)
 - 특수한 포설 장비로 표층과 중간층을 동시에 포설
 - 시공 및 교통 통제 시간 단축, 층간 접착력 향상, 공사비 절감 효과
 - 일본의 주요 고속도로와 도시 간선도로에 광범위하게 적용되고 있으며, 특히 야간 공사가 많은 도심지에서 효과가 큼



(좌) 시공 방법 개념도



Upper layer : Colored Porous Asphalt (13)
Lower layer : Coarse-graded Asphalt (20)

(우) 다층 포장 단면도

자료: Saito, T., & Inaba, N. (2010). Double-layer Asphalt Pavement in a Single Process and Noise Reductions Properties of Double-Layer Porous Asphalt

[그림 9] 다층 포장 기술

- 일본 기후변화 대응 전략의 시사점
 - 국가 주도의 통합 관리 효과: 국토교통성 중심의 통합 관리로 전국적으로 일관된 품질 기준을 유지하고, 신속한 정책 실행이 가능
 - 내구성 중심 철학의 중요성: 장기적으로 비용이 절감되고 환경 부담도 줄어들어 생애주기 비용은 오히려 저렴
 - 도시 문제 해결과 연계: 열섬현상이라는 도시 문제를 도로포장 기술로 해결하려는 통합적 접근이 효과적. 도로를 단순한 교통 인프라가 아니라 도시 환경 관리의 수단으로 활용
 - 혁신 기술 개발: 세계 최고 재활용 기술, 다층 포장 기술처럼 일본만의 독창적인 기술을 개발해 세계 시장을 선도
 - 섬세한 품질관리: 엄격한 기준과 철저한 검증으로 높은 품질을 유지

유럽의 아스팔트 도로 기후변화 대응 전략

○ 시기별 대응 전략

- 2000년대~2010년대 초반: EU 통합 및 환경 기준 강화기
 - 유럽은 EU 통합이라는 정치적 변화를 기술 표준화로 뒷받침하고, 동시에 환경 보호를 최우선 가치로 설정하여 도로포장 분야의 표준화와 환경 기준 강화를 추진
 - 유럽표준화위원회를 중심으로 EU 전역 통합 표준 제정
 - 대규모 도로 프로젝트에서 환경 영향(탄소 배출, 자원 소비, 폐기물 발생 등) 평가 의무화
 - 재활용 아스팔트 사용 확대: 네덜란드, 독일 등 선진국 40% 이상의 순환골재 사용률 달성
 - 중온 아스팔트 기술 개발: 유럽에서 중온아스팔트 기술이 처음 개발
- 2010년대~2020년: 순환 경제 전환 및 LCA 본격 도입기
 - 선형 경제(take-make-dispose)에서 순환 경제(reduce-reuse-recycle)로의 패러다임 전환 완성
 - 순환 경제 실현을 위한 정책 및 제도 정비: 모든 산업 분야에서 순환 경제 실현 요구
 - 전과정평가 본격 활용
 - 고도화된 재활용 아스팔트 포장 기술 개발: 재활용 비율을 40~50%로 높이는 기술을 개발, 네덜란드는 일부 프로젝트에서 70% 이상의 초고함량 순환골재 적용
 - 재생에너지 활용 확대: 아스팔트 플랜트에서 태양광, 풍력 등 재생에너지를 사용해 탄소 배출 저감
- 2020년 이후: 기후 중립성 달성 및 혁신 기술 개발 가속화기
 - 2050년까지 기후 중립성 달성 목표 설정: EU는 2019년 유럽 그린딜(European Green Deal)을 발표하고, 2050년까지 탄소 순 배출을 제로로 만들겠다는 목표 설정
 - 자가치유 아스팔트 개발: 작은 균열도 스스로 치유하는 능력을 갖춘 아스팔트를 개발
 - 바이오 기반 재료 연구: 석유계 아스팔트를 대체할 수 있는 바이오 기반 바인더를 연구

○ 핵심 기술 및 전략

- 순환 경제 실현
 - 순환 경제의 원칙
 - ① 설계 단계부터 재활용 고려 (Design for Recycling)
 - ② 재료의 품질 저하 없이 반복 재활용 (Upcycling)
 - ③ 폐기물 제로를 향한 지속적 개선
 - ④ 재생 에너지 사용으로 생산 과정의 탄소 배출 최소화
 - 순환 경제 실천 사례
 - ① 고함량 RAP 기술: 40~50%, 일부 국가는 70% 이상
 - ② 재생 첨가제 고도화: 재활용해도 품질 유지
 - ③ 아스팔트 플랜트의 재생 에너지 전환

④ 페타이어, 페플라스틱 등 다른 산업의 폐기물도 도로포장에 활용

⑤ 제조사 책임 확대: 만든 사람이 회수와 재활용까지 책임

• 자가 치유 아스팔트

- 균열이 생기면 스스로 치유하는 능력
- 방법 1: 특수 캡슐에 치유 물질을 넣어두고, 균열 시 캡슐이 깨지면서 치유 물질이 나와 균열을 메움
- 방법 2: 금속 섬유를 섞어두고, 유도 가열로 국부적으로 가열하면 아스팔트가 녹아 균열을 메움
- 네덜란드가 선도적으로 연구, 일부 구간에서 시험 적용 완료
- 유지보수 비용을 획기적으로 줄일 수 있는 게임 체인저 가능성 지님

• 바이오 기반 바인더

- 석유계 아스팔트를 대체할 친환경 재료 연구
- 목재 리그닌, 해조류, 식물성 오일 등에서 추출
- 탄소 중립적이거나 탄소 부(負)배출 가능
- 성능은 유지하면서 환경 영향은 최소화
- 아직 초기 단계이지만 장기적으로 큰 잠재력 지님

○ 유럽 기후변화 대응 전략의 시사점

- 유럽은 순환 경제와 기후 중립성을 목표로 기후변화 대응 전략을 추진하고 있으며, 혁신 기술 개발과 전과정평가 등 과학적 관리 체계를 정착시켜 나가며 세계를 선도
- 유럽은 순환 경제와 기후 중립성을 목표로 기후변화 대응 전략을 추진하고 있으며, 혁신 기술 개발과 전과정평가 관리 체계를 정착시켜 나가며 선도해 나가고 있음
- 명확한 장기 목표: 2050년 기후 중립성이라는 명확한 목표가 모든 정책과 기술 개발의 방향을 제시
- 과학적 접근의 중요성: LCA를 통한 정량적 평가로 데이터에 기반한 의사결정
- 통합과 유연성의 균형: EU 차원의 통합 표준으로 일관성을 유지하면서도 각국의 특성을 존중하는 유연성을 제공
- 순환 경제로의 완전한 전환: 재활용을 넘어 순환 경제 전체 시스템을 구축. 폐기물이라는 개념 자체를 없애는 것이 목표
- 혁신에 대한 적극적 투자: 자가 치유, 바이오 기반 재료 등 미래 지향적 기술에 과감히 투자하며 현재 기술의 개선을 넘어 패러다임 전환을 추구
- 환경을 최우선: 경제성도 중요하지만, 환경을 최우선으로 고려. 장기적으로 보면 환경보호가 경제적으로도 이익이라는 관점으로 접근

IV. 정책제언

I ‘적응’과 ‘완화’를 통한 기후변화 대응 전략 추진

기후변화 대응을 위해 서울시 도로 정책의 패러다임 전환과 기술 고도화 추진

- 서울시 정책의 패러다임 전환을 통해 기후변화 적응과 완화를 위한 제도적 기반 마련
 - 기후변화 적응력을 높이기 위해, 기존의 재료나 배합 비율 중심이 아닌 실제 도로가 견딜 수 있는 성능(소성변형 저항성, 균열 저항성 등)을 측정하고 검증하는 방식으로 품질 기준의 패러다임 전환
 - 탄소중립을 위해 신규 자재 사용과 온실가스 배출을 줄여야 하며, 이를 위해 순환 아스팔트 혼합물의 의무 사용 비율을 상향하고 인센티브를 제공하는 등 자원 선순환 기반 마련
- 기후변화 대응형 아스팔트 도로포장 공법의 기술 고도화 및 적용 공법의 다양성 추진
 - 서울시의 기온 상승과 강수량 증가에 대응하기 위해, 아스팔트 도로포장의 내구성 향상을 통한 기후변화 ‘적응’ 전략과 탄소중립, 자원 재활용 등을 통해 기후변화 ‘완화’ 전략 동시 추진 필요
 - 기존 제약 사항으로 확대 적용이 어려웠던 차열성 포장과 같은 기능성 아스팔트 도로포장 공법들의 성능을 개선하고 한계를 극복하는 기술 고도화 전략 필요
 - 기후변화 대응을 위해 해외 우수 공법의 벤치마킹을 통해 대응 공법들의 다양성 확보 전략 추진
- 지속가능성 확보를 위한 기후변화 대응 장기 로드맵 수립
 - ‘회복 탄력성’과 ‘지속가능성’을 목표로, 현황 분석부터 정량적 목표 설정, 전략 구축, 이행, 모니터링에 이르는 체계적인 단계별 로드맵을 마련
 - 로드맵 실현을 위해 표준화 및 기반 구축, 검증된 기술의 확산, 넷제로(Net-Zero) 달성을로 이어지는 단계별 실행 방안 제시

주요 추진전략

주요 과제	추진전략
서울시 정책의 패러다임 전환을 통해 기후변화 대응력 강화	- 성능 중심 기준 도입을 통한 기후변화 적응력 강화 - 순환 경제 기반 구축을 통한 기후변화 억제력 강화
기후변화 대응형 아스팔트 도로포장 공법의 기술 고도화 추진	- 기후변화 적응형 아스팔트 도로포장 공법의 기술 고도화 - 기후변화 완화형 아스팔트 도로포장 공법의 적용 확대
정량적 평가 기반 단계별 로드맵 수립	- 회복 탄력성과 지속가능성을 핵심 가치로 단계별 로드맵 수립 방안 마련 - 로드맵 실현을 위한 단계별 중장기 추진 전략 수립 방안 마련

I 서울시 정책의 패러다임 전환을 통해 기후변화 대응력 강화

성능 중심 기준 도입을 통한 기후변화 적응력 강화

- ‘어떻게’ 만드는가에서 ‘얼마나’ 견디는가로의 패러다임 전환
 - 기존 방식은 ‘시방서에 명시된 재료를 규정된 비율로 사용했는가?’를 따질 뿐, 그 결과물이 실제 현장에서 오래 견딜 수 있는 성능을 직접적으로 보장하지 못함
 - 이미 해외 선진국들은 재료의 비율을 규제하는 방식으로는 기후변화와 같은 복잡한 문제를 해결할 수 없음을 인지하고, 실제 성능을 측정하는 방식으로 전환
 - 미국은 소성변형 저항성과 균열 저항성이라는 상충되는 성능의 균형을 맞추는 균형 배합 설계로 나아가고 있으며, 일본은 내구성 중심 설계를, 유럽은 기후변화 대응 기술 개발에 중점을 두며 성능 기반 접근을 채택하고 있음
 - 도입 방안
 - 성능 중심 기준을 도입하기 위한 첫 번째 단계는 성능을 객관적으로 측정하고 검증할 수 있는 기술적 시험 체계를 구축하고 법제화
 - 배합설계의 주요 결정 기준을 체적 특성이 아닌, 소성변형 저항성, 균열 저항성, 내수성 등 실제 성능 시험(Performance Test) 결과로 전환
 - 미국의 균형 배합설계 방식을 토대로 서울시 기준 도입
 - 서울시의 중차량 노선, 버스전용차로, 상습 정체 교차로 등 소성변형과 균열이 복합적으로 발생하는 구간을 대상으로 시범 사업 우선 추진

순환 경제 기반 구축을 통한 기후변화 억제력 강화

- 자원의 사용과 폐기물 발생을 최소화하는 탄소중립 및 자원 선순환 도시 기반 구축
 - 신규 아스팔트 혼합물 생산은 골재 채취, 석유 기반 바인더 정제, 그리고 이들을 160℃ 이상으로 가열하는 혼합 과정에서 막대한 양의 화석 연료와 온실가스를 배출
 - 아스팔트 포장도로는 서울시 인프라 중 가장 많은 양의 자재를 소모하고 폐기하는 분야 중 하나로, 탄소중립 목표 달성을 위해 반드시 관리되어야 함
 - 순환 아스팔트 혼합물 사용 확대는 막대한 경제적·환경적 편익이 발생하여 국외에서는 순환 아스팔트 혼합물 공법을 고도화하고 있음
- 제도적 기반 마련으로 자발적인 순환 경제 실현
 - 순환 아스팔트 혼합물 의무 사용 비율 상향 및 용도 확대
 - 서울시 녹색 구매 및 순환골재 의무사용 제도 등의 확대 적용
 - 순환 아스팔트 혼합물 사용에 대한 명확한 인센티브 부여
 - 공공공사 입찰 가점, 녹색경영 우수기업 우대 등 명확한 재정적·제도적 인센티브를 제공하여 시장의 자발적 참여 유도

I 기후변화 대응형 아스팔트 도로포장 공법의 기술 고도화 추진

기후변화 적응형 아스팔트 도로포장 공법의 기술 고도화

- 한국은 폭염, 집중호우, 폭한이 모두 나타나는 복합 기후 지역으로 기후변화 대응력 강화를 위해 내구성 확보와 차열, 배수 등 기능의 개선 및 고도화 추진 필요
 - 차열성 포장 공법 확대
 - 서울시 적용 현황: 도심열섬 현상 완화를 위해 일부 보도, 자전거도로, 버스전용차로 등에 시범 적용
 - 한계점: 도로형의 경우 낮은 내구성으로 차량 마모 및 오염으로 인해 1~2년 내 반사 성능이 급격히 저하
 - 개선 방안: 단순 도포 방식에서 벗어나, 혼합물 자체에 밝은색 골재와 특수 바인더를 사용하는 구조형 차열성 포장으로 전환하여 내구성 확보
 - 보수성 포장 공법 적용
 - 개요: 포장체 내부의 공극에 물을 저장했다가, 기온이 상승하면 물이 증발하며 주변 기온을 낮추는 공법으로 일본에서 도심 열섬 대응 기술로 널리 사용
 - 적용 효과: 한여름철 노면 온도를 10℃ 이상, 보행자 높이의 기온을 1~2℃ 낮추는 효과, 국지성 호우 시 초기 우수를 저류하여 도시 홍수 예방에 기여

기후변화 완화형 아스팔트 도로포장 공법의 적용 확대

- 저탄소, 순환 경제 실현을 위해 기후변화 완화형 기술에 대한 확대 적용 필요
- ‘비용’이 아닌 ‘미래 경쟁력’으로 인식하고 시장을 적극 견인해야 함
 - 중온 아스팔트 포장 공법 확대
 - 서울시 적용 현황: CO₂ 저감 및 작업 환경 개선을 위해 적용 확대
 - 한계점: 가열 아스팔트 혼합물 대비 품질 우려 인식으로 시공사나 플랜트가 기존 생산을 선호하는 경향이 있음
 - 개선 방안: 과학적 성능 검증 기반 중온 아스팔트 사용 의무화를 통한 확대 적용
 - 순환 아스팔트 포장 공법 확대
 - 서울시 적용 현황: 자원 순환 및 예산 절감을 위해 기층 낮은 사용률
 - 한계점: 품질 불신으로 표층 사용 및 순환골재 고함량 아스팔트 혼합물 적용을 기피
 - 개선 방안: 고성능 재생첨가제 사용 의무화 등 기술 개선과 실증을 통해 품질에 대한 신뢰 확보 필요, 이를 바탕으로 품질 인증제를 도입하는 등 제도적 지원을 통해 확대 적용 필요

I 정량적 평가 기반 단계별 중장기 로드맵 수립

‘회복 탄력성’과 ‘지속가능성’을 핵심 가치로 하는 단계별 로드맵 수립 방안 마련

- 1단계: 현황 분석 및 미래 기후 예측
 - 현재 서울시가 가진 취약점을 정확히 진단하고, 미래의 기후 위협을 구체적으로 예측
 - 취약점 매핑
 - 노선별 분석: 현재 포트홀, 소성변형이 자주 발생하는 지역(특히 버스전용차로)을 특정
 - 자료 수집: 포장관리시스템(PMS) 데이터를 분석하여 도로의 공용 수명과 파손 패턴 파악
 - 미래 기후 시나리오 적용
 - 서울시 맞춤형 고해상도 기후 변화 시나리오를 도로포장 수명에 대입하여 미래의 파손 위험도 예측
- 2단계: 비전 및 정량적 목표 설정
 - 분석을 기반으로 명확한 비전과 측정 가능한 목표를 설정
 - 비전(안)
 - 기후변화에 안전하고 탄소 배출 없는 지속 가능한 서울의 도로
 - 정량적 목표(안)
 - 2030년까지 폭염/집중호우로 인한 포트홀 발생률 감소 목표 설정
 - 버스전용차로 등 중차량 구간 포장 내구성 향상
 - 2040년까지 도로포장 분야 Net-Zero 달성 목표 설정
- 3단계: 핵심 전략 및 기술 포트폴리오 구축
 - 기후 위협 유형별로 맞춤형 목표 달성을 위한 구체적인 기술적, 정책적 수단 마련
 - 폭염 및 도시열섬 대응 전략 마련
 - 집중호우 및 동결융해 대응 전략 마련
 - 탄소 중립 및 자원 순환 기반 구축
- 4단계: 이행 계획 및 제도 개선
 - 전략을 실행에 옮기기 위한 단기-중기-장기 계획과 제도적 기반 마련
 - 제도 개선(안)
 - 서울시 자체 ‘친환경 도로포장 성능 기준’ 수립 및 고시
 - 성능 중심 설계(BMD)를 서울시 발주 공사에 도입
 - 모든 도로의 전주기(LCA) 탄소 배출량 관리

- 5단계: 모니터링 및 관리 고도화
 - 로드맵의 실행 여부를 지속적으로 모니터링하고, 데이터를 기반으로 계획을 수정·보완
 - 스마트 품질관리, PMS 고도화를 통한 모니터링 강화 및 정책 고도화 추진
 - 최소 5년 주기로 로드맵을 재평가하고, 새로운 기후 시나리오와 신기술 반영

로드맵 실현을 위한 단계별 중장기 추진 전략 수립 방안 마련

- 1단계 (단기, 0~5년): 표준화 및 최적화
 - 핵심 목표: 즉각적인 탄소 감축 성과 확보 및 과학적 관리 기반 구축
 - 모든 신규 국가 도로 프로젝트에 대한 전과정평가(LCA) 수행 의무화
 - 주요 간선도로망 대상 '하이브리드 기후 모델링'(시나리오+민감도)을 PMS에 통합
- 2단계 (중기, 5~15년): 규모 확장 및 통합
 - 핵심 목표: 검증된 기술의 전국적 확산 및 관리 시스템의 고도화
 - RAP 50% 이상 사용 또는 바이오 바인더 사용 시 '그린 크레딧' 인센티브 도입
 - 순환 골재 사용 목표를 유럽 수준으로 상향 조정하는 로드맵 수립
- 3단계 (장기, 15~30년): 완전 전개 및 넷제로 실현
 - 핵심 목표: 2050 넷제로 달성 및 완전한 기후 탄력성 확보
 - 도로 부문 탄소 중립 의무화
 - LCC(비용)와 LCA(탄소)가 통합된 LCSA 총비용 기반의 예산 배분 시스템 확립

정책
리포트
기술 분야
제435호

서울시 아스팔트 도로의 기후변화 대응 방안

발행인 오균

편집인 이신해

발행처 서울연구원

06756 서울특별시 서초구 남부순환로 340길 57

02-2149-1234

ISSN 2586-484X

발행일 2025년 12월 8일

디자인 박진범

인쇄·제본 세일포커스

서울연구원 정책리포트는 서울시민의 삶의 질을 향상하고

서울의 도시 경쟁력을 강화하기 위해 도시 전반의 다양한 정책 이슈를 발굴하여 분석함으로써

서울시의 비전 설정과 정책 수립에 기여하고자 작성된 정책보고서입니다.

* 이 정책리포트의 내용은 연구진의 견해로 서울특별시의 정책과 다를 수 있습니다.