



보이지 않는 곳에서
안전한 길을 만듭니다.

도로에서 미끄럽지 않게
안전하게 다니실 수 있도록

도로에서 위험한 곳 없이
안전하게 다니실 수 있도록

JEIL TRADING

(주)제일트레이딩 사업소개

제설제 사업

빠르고 강력한 융빙성능을 자랑하는
고순도 염화칼슘, 제설염부터 친환경
액상, 고상제설제까지 모든 종류의
제설제를 수입 및 직접 제조하여
공급합니다.

도로보수재 사업

전천후 도로보수에 시공가능하며, 물에
강한 수경화성 아스콘, 고강도 아스콘,
일반 상온아스콘부터 크랙보수재,
급속경화보수재까지 다양한 용도의
도로보수재를 공급합니다.

제설작업 기계사업

안전하고 빠르게 톤백을 절개하는
톤백안전절개기, 경화 제설제를
파쇄하는 톤백파쇄기, 간이톤백절개기
등 작업자 안전을 위한 안전기계를
공급합니다.

JEIL TRADING

www.jeiltrading.co.kr 문의전화 : 02-3775-1040

ISSN 2586-2065

Journal of
The Korea Road Association

도로교통

도로교통
2026 | 182

Journal of The Korea Road Association

- 人 터 뷰 한국도로공사 조성민 연구처장
SM하이플러스(주) 안병현 대표이사
- 정책 인사 이트 글로벌 스탠다드의 허상과 실상
- 특 집 AI 기반 스마트 도로포장 관리시스템의 기술 동향과 예방적 유지관리 전략
- 정책 과 기술 순환 경제의 건설 분야에 미치는 영향력 및 관련 국제 동향
온도감응형 노면표시를 적용한 결빙사고 사전 예측 시스템
- 업무 속 도로지식 제1강 미국 보스턴 BIG DIG 지하도로 프로젝트
- 그 날 의 도 로 바다 위를 가로지르는 부산의 자부심, 광안대교
- 도 로 에 세 이 탄생부터 중년까지, 강물 따라 출렁거린 잠수교
- 국 도 이 야 기 남북의 시간을 달리는 길, 국도 1호선
- 랜 선 도 로 여 행 찬란했던 백제의 꽃, 부여 역사 산책
- 나라사랑 역사의 길 제9편_전쟁 그리고 비극의 시작, 미아리에서 해화동까지
- 자 동 차 이 야 기 첨단 방호 다 모여래!
- 사찰로 이어지는 길 안동 봉정사와 영국 여왕
- 도 로 인 사 이 드 SM하이플러스(주) / 한국도로공사 도로교통연구원

182

www.kroad.or.kr



한국도로공사
조성민 연구처장



SM하이플러스(주)
안병현 대표이사

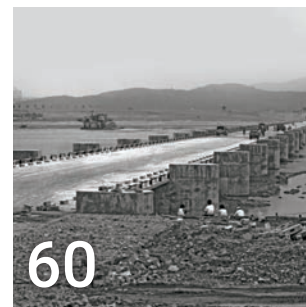
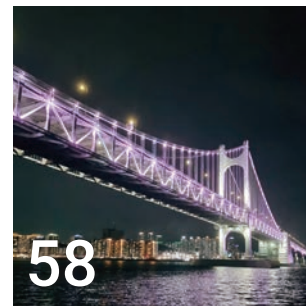


이 책은 한국도로협회
홈페이지에서 PDF로
보실 수 있습니다

한국도로협회

KROAD 한국도로협회

C o n t e n t s



인터뷰

1. 한국도로공사 조성민 연구처장 4
2. SM하이플러스(주) 안병현 대표이사 12

정책 인사이트

- 글로벌 스탠다드의 허상과 실상 20

특집

- AI 기반 스마트 도로포장 관리시스템의 기술 동향과
예방적 유지관리 전략 24

정책과 기술

1. 순환 경제의 건설 분야에 미치는 영향력 및 관련 국제 동향 32
2. 온도감응형 노면표시를 적용한 결빙사고 사전 예측 시스템 38

업무 속 도로지식

- 알아두면 쓸모있고 재미있는 지하도로이야기
제1강 미국 보스턴 BIG DIG 지하도로 프로젝트 46

그날의 도로

- 바다 위를 가로지르는 부산의 자부심, 광안대교 58

도로에세이

1. 탄생부터 중년까지, 강물 따라 출렁거린 잠수교 60
2. 제5차 경제사회발전 계획(1982~1986)과 도로인의 소명 66

Connecting the world,
Thinking for the future

국도이야기

- '남북의 시간'을 달리는 길, 국도 1호선 68

랜선 도로여행

- 찬란했던 백제의 꽃, 부여 역사 산책 72

나라사랑 역사의 길

- 제9편_전쟁 그리고 비극의 시작, 미아리에서 해화동까지 78

자동차 이야기

- 첨단 방호 다 모여라!
① 대통령이 마피아 덕 볼 수도 있지! 82

사찰로 이어지는 길

1. 안동 봉정사와 영국 여왕 86
2. 봄날의 산사로 이어지는 길 92

도로 인사이드

1. SM하이플러스(주) 94
2. 한국도로공사 도로교통연구원 98
3. 자전거 도로 정보 17편_정읍 정읍천 자전거길 102

알뜰정보

- 왜 우리는 여전히 아스팔트와 콘크리트만 이야기하는가? 104

한국도로협회 소식

- 106



표지사진_청라하늘대교(©인천경제자유구역청)
2026년 1월 5일 정식 개통

| 통권 제182호 |

계 간 도로교통

발행일 2026년 4월 8일

발행인 함진규

발행처 한국도로협회

주 소 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26,
8층

편 집 최희철, 황훈희, 노성규, 이정윤,

위 원 유동민, 여인수, 최지선, 윤재용,

박진우, 한계령, 배재현, 김보성,

이호정, 홍보나, 이재옥, 류수지,

이정윤, 김동천, 이겨레, 윤유정,

박주훈, 이도근, 김정화, 노우현,

이현규, 이이삭, 윤정은, 이지민,

이원중, 이유진

편 집 박진우, 이호정, 김동천

문의처 교육홍보실(02-3490-1022)

이메일 pjw@kroad.or.kr

디자인 문화공감(02-2266-1897~8)

본지는 간행물윤리위원회 윤리강령을 준수합니다.
도로교통에 실린 글은 한국도로협회 홈페이지(www.
kroad.or.kr)와 이메일 뉴스레터를 통해서도 보실
수 있습니다.

※원고의 내용은 한국도로협회의 편집방향과
일치하지 않을 수 있습니다.

“스마트건설의 성패는 기술의 화려함보다는 현장이 받아들이는
방식과 속도에 달려 있어”

“건설산업 AI는 현장 데이터의 규격화와 디지털화가 핵심 관건”



대한민국 도로건설 역사에서 지난 6년은 단순한 기술 개발의 시기를 넘어, 산업의 근간을 디지털로 재편하는 거대한 전환기였다. 2020년 출범하여 2025년까지 성공적으로 마침표를 찍은 ‘스마트건설기술 개발사업’은 우리나라 건설의 디지털 전환 역량을 세계적 반열로 끌어올렸다는 평가를 받는다. 이 거대 프로젝트의 선장으로서 135개 산·학·연 기관과 1,000여 명의 연구진을 진두지휘했던 인물이 바로 한국도로공사의 조성민 처장이다. 도로교통 저널 182호는 스마트건설의 ‘산증인’인 조성민 처장을 만나, 그간의 성과와 AI가 주도할 건설산업의 미래, 그리고 건설업계의 지속가능성을 위한 기술적 필연성에 대해 심도 있는 대화를 나누었다.



현장에 답을 묻고, 데이터로 길을 열어 도로산업의 혁신을 이끈다 한국도로공사 조성민 연구처장*을 만나다

* 본 인터뷰는 2026년 2월 10일 당시 직책 기준으로 진행되었습니다.

🎙 — 한국도로공사에서 연구처장으로서 수행하고
계신 역할과 본인의 연구 철학에 대해 말씀 부
탁드립니다.

고속도로는 국가 경제와 일상을 지탱하는 핵심 인프라입니다. 한국도로공사는 건설부터 유지관리까지 고속도로의 전 생애주기를 책임지며, 국민에게 더 안전하고 효율적인 이동가치를 제공하기 위한 기술과 정책을 연구하고 있습니다. 저는 재난안전, 구조물·지반, 포장, 교통·모빌리티, 기후환경에너지, 디지털 전환과 AI 융합, 경영정책 등 다양한 분야의 전문가들과 함께 연구개발 전략을 수립하고, 실행과 실용화를 이끄는 역할을 맡고 있습니다. 저의 연구 철학은 분명합니다. 현장에 답이 있다는 것입니다. 오랜 시간 실사구시와 경제치용의 자세로, 기술이 현장에서 작동하고 국민의 삶에 실질적인 가치를 만들어야 한다고 믿어왔습니다. 지금은 AI 융합과 모빌리티 혁신이 도로의 미래를 다시 쓰는 시대입니다. 연구 성과가

연구실에 머무르지 않고 현장에서 꽃피우기 위해서는 기술을 넘어 정책과 제도까지 함께 보는 통찰이 필요합니다. 그래서 저는 부서와 분야의 경계를 넘어서는 협업을 무엇보다 중요하게 생각합니다. 결국 미래 도로기술은 사람을 향할 때 가장 큰 힘을 발휘합니다.



토공 무인 자동화 기술 실증 현장(김포파주고속도로 1공구)에서 도공 함진규 사장과 대화 중인 조성민 연구처장(2023. 11. 3.)



장비 자동화, 통합관제 기반의 군집형 자율 토공



플랫폼 기반 디지털트윈 환경의 실시간 현장 관리

Q __ 지난 30년의 연구 경력 중 본인의 관점을 바꾼 결정적인 전환점이 있었다면 무엇인가요?

제 관점을 바꾼 전환점은 두 가지입니다. 첫째는 인천대교 건설사업입니다. 세계적 해상 교량 현장에서 국내외 엔지니어들과 협업하며, 글로벌 기준인 한계상태설계법을 실제 현장에 적용·정착시키는 과정을 경험했습니다. 이 경험은 우리 기술의 경쟁력을 확신하게 했고, 이후 고덕대교와 차나칼레대교 같은 세계적 프로젝트로 이어지는 기반이 됐습니다. 둘째는 스마트건설기술 개발사업입니다. 2,000억 원 규모의 국가 R&D를 이끌며, 스마트건설이 건설산업의 미래를 바꿀 핵심이라는 점을 분명히 확인했습니다. 무인자동화, OSC, 스마트 안전, 디지털트윈 등 신기술이 고속도로 현장에서 실증되는 과정을 통해, 디

지탈 전환과 AI 융합은 기술 개선을 넘어 산업의 일하는 방식 자체를 혁신하는 변화라는 것을 체감했습니다.

Q __ ‘스마트건설기술 개발사업’은 어떤 프로젝트였으며, 최종적으로 어떤 성과를 거두었습니까?

스마트건설기술 개발사업은 정부의 스마트건설 로드맵에 따라 2020년 시작된 대형 국가 R&D로, 도로 분야를 중심으로 토공 자동화와 디지털 맵핑, 구조물 시공 자동화와 OSC, 스마트 안전, 데이터 통합관리 플랫폼 등 4대 분야의 핵심기술을 개발한 프로젝트입니다. 총 12개 세부과제에 135개 기관이 참여했고, 한국도로공사는 총괄기관으로서 기술개발과 현장 실증을 동시에 추진하는 전략을 택했습니다. 핵심은 분명했습니다. ‘연구를 위한 연구’가 아니라, 산업계와 현장이 실제로 쓰는 기술을 만드는 것이었습니다.



디지털 모델링된 교량 부재를 스마트팩토리에서 자동화 생산



스마트건설 활성화를 위한 정책 제안



조성민 연구처장과 인터뷰하는 한국도로협회 최희철 상근부회장

이를 위해 실제 건설현장을 테스트베드로 운영하며, 현장 수요에 맞춰 목표와 내용을 유연하게 조정했습니다. 그 결과 현장 정보의 디지털화, 건설장비 지능형 관제, 교량·터널 OSC 자동화, 디지털 기반 통합 안전·건설관리 플랫폼 등 실용화 가능한 성과를 도출했습니다. 이번 사업은 우리 스마트건설 기술의 국산화와 현장 적용 가능성을 한 단계 끌어올린 전환점이었다고 생각합니다. 나아가 기술을 넘어 정책과 제도 혁신을 견인하는 기반을 마련했다는 점에서 의미가 큼니다.

Q __ 도로 분야에서 AI가 즉각적으로 효과를 낼 수 있는 업무는 무엇이라고 보십니까?

도로 분야에서 AI가 가장 빠르게 성과를 낼 수 있는 영역은 안전관리, 유지관리, 교통운영이라고 봅니다. 스마트건설기술 개발 과정에서도 AI는 지형 스캔 정보 분석, 장비 자동화 운용, 영상 기반 위험 탐지, 공종별 리스크 대응에 이미 효과를 보였습니다. 특히 비전 AI는 CCTV와 웨어러블 데이터를 실시간 분석해 위험구역 진입, 안전장구 미착용, 장비 충돌 가능성을 즉시 감지·경고하는 등 현장 안전 수준을 크게 높일 수 있습니다. 유지관리 분야에서도 활용성은 매우 높습니다. 포장 손상, 구조물 균열, 도로 상태 진단처럼 과거에는 사람이 직접 확인하던 업무를 이제는 AI가 대규모 영상과 스캔 데이터를 빠르게 분석

해 정확도를 높이고 있습니다. 최근에는 사고다발구간의 도로 구조와 상태를 자동 진단하거나, 축적된 점검 데이터를 학습해 교량 상태를 분석하는 AI 기술도 실무에 적용되기 시작했습니다. 앞으로는 비탈면 붕괴 징후 감지, 교통량·정체·사고위험 예측까지 AI의 역할이 더 확대될 것입니다. 이제 AI는 도로의 전 생애주기에서 효율과 안전을 높이는 보조수단이 아니라, 핵심 운영기술로 자리잡고 있습니다.

Q __ AI 도입을 위해 ‘데이터 품질’과 ‘책임 소재’ 문제는 어떻게 해결해야 하는지도 궁금합니다.

AI의 성능은 결국 데이터 품질이 좌우합니다. 도로 분야에서 AI를 제대로 활용하려면 먼저 파편화된 현장 데이터를 연결하고, 표준화된 통합 데이터 체계를 구축해야 합니다. 데이터 표준은 다양한 참여 주체 간 호환성을 높이고, 활용되지 못하던 현장 정보를 실질적인 자산으로 바꾸는 출발점입니다. 여기에 실시간 처리를 위한 데이터 파이프라인, 통신 네트워크, 클라우드 기반의 권한관리와 보안체계까지 함께 갖춰져야 비로소 신뢰할 수 있는 AI 운영 기반이 마련됩니다.

책임 소재 문제는 투명성과 거버넌스로 풀어야 합니다. AI의 판단 과정을 사람이 이해하고 검증할 수 있는 설명 가능한 AI(XAI)를 도입하고, 데이터 수집·활용·관리 전 과정의 책임 기준을 명확히 해야 합니다. 결국 AI는 사람을 대체하는 불투명한 판단 주체가 아니라, 사람이 더 정확하고 빠르게 의사결정하도록 돕는 신뢰 가능한 조력자가 되어야 합니다.



스마트건설 개요를 설명하고 있는 조성민 연구처장

④ '디지털 트윈' 기술은 실제 현장에서 어떻게 활용해야 할까요?

디지털 트윈은 단순한 3D 시각화 도구가 아니라, 자재·인력·장비·공정 등 현장의 핵심 요소를 실시간 데이터와 연결해 판단을 지원하는 기술입니다. 중요한 것은 현실을 똑같이 복제하는 데 있지 않고, 변화하는 현장 정보를 지속적으로 반영해 공정과 위험을 예측할 수 있는 동적 데이터 모델을 만드는 데 있습니다. 이를 통해 설계와 시공의 정확성을 점검하고, 자원 투입과 공정 운영의 최적 해법을 더 빠르게 찾을 수 있습니다. 특히, 디지털 트윈의 가치는 '정밀한 재현'보다 '실행 가능한 정보'에 있습니다. 모든 것을 완벽히 복제하기보다, 지금 어떤 위험이 있

고 어떤 자원을 어디에 투입해야 가장 안전하고 효율적인지 답할 수 있어야 합니다. 여기에 공학적 해석 알고리즘이 결합되면 단순 모니터링을 넘어 미래 리스크까지 예측하는 도구로 발전할 수 있습니다. 결국 디지털 트윈은 얼마나 정교하게 만들었는가보다, 얼마나 정확한 판단을 돕는가로 평가받아야 합니다.

④ 스마트안전 및 통합관제 시스템에서 수집되는 개인 정보나 노무 관련 이슈는 어떻게 해결해야 할까요?

스마트안전 기술이 현장에서 신뢰를 얻으려면, 데이터가 사람을 통제하는 수단이 아니라 보호하는 장치라는 확신이 전제되어야 합니다. 안전 데이터가 근태관리나 인사평가로 활용되는 순간 기술은 저항에 부딪힐 수밖에 없습니다. 따라서 데이터는 처음부터 안전 목적에 한정해 수집·활용되어야 하며, 영상 비식별화, 위치정보 익명화, 안전 데이터와 노무 데이터의 분리 운영 같은 기술적 장치가 반드시 필요합니다.

제도적으로는 데이터의 종류, 보관 기간, 활용 범위를 명확히 정한 거버넌스를 마련하고, 수집 정보가 인사상 불이익이나 징계의 근거로 사용되지 않는다는 원칙을 분명히 해야 합니다. 결국 중요한 것은 현장의 인식입니다. 스마트 관제는 감시의 눈이 아니라 사고를 예방하는 디지털 동료이자 보호의 방패로 받아들여져야 합니다. 기술의 성패는 성능보다 신뢰에 달려 있습니다.

④ 스마트건설 활성화를 위해 가장 시급한 제도적 개선 과제는 무엇입니까?

스마트건설은 기술 개발만으로 완성되지 않습니다. 발주·설계·시공·관리 전 과정의 제도가 함께 바뀌어야 합니다. 지금 가장 시급한 과제는 혁신기술 도입에 따른 비용과 리스크를 제도적으로 보전하는 기준을 마련하는 일입니다. BIM 설계, 자동화 장비, 스마트 안전기술은 초기 비용과 전문 인력 투입이 큰 만큼,

표준품셈과 대가 기준, 예산 편성 체계에 이를 반영해야 현장 확산이 가능합니다. 또 하나는 데이터와 기준의 디지털 전환입니다. 현장 데이터의 표준화와 활용 원칙, 이른바 디지털 데이터 권리를 정립하고, 공공이 축적한 데이터를 산업 생태계와 연결할 수 있어야 합니다. 동시에 자동화 장비와 로봇 시공이 현장에 적용될 수 있도록 규제 샌드박스과 품질·안전 기준도 더 유연하게 정비할 필요가 있습니다. 결국 스마트건설의 성패는 기술이 아니라, 제도가 얼마나 빠르게 변화하느냐에 달려 있습니다.

④ 30년 이상 도로산업에 종사하신 분으로서 한국도로협회가 더 필요한 기관이 되기 위해 가장 먼저 강화해야 할 역량은 무엇인가요?

한국도로협회는 오랜 시간 우리 도로산업의 구심점 역할을 해왔습니다. 앞으로 더 필요한 기관이 되기 위해서는 무엇보다 산업의 목소리를 대변하는 정책 역량을 강화해야 한다고 생각합니다. 탄소중립, 안전, 예산 재편, 디지털 전환 같은 환경 변화 속에서 도로산업의 가치와 필요성을 데이터와 논리로 설명하고, 제도와 대가체계 개선을 이끌 수 있는 싱크탱크 기능이 중요합니다. 동시에 협회는 건설사 중심을 넘어 엔지니어링, IT, 소재·부품, 학계까지 아우르는 도로산업 플랫폼으로 확장될 필요가 있습니다. 특히 중소 회원사들이 현장에서 체감할 수 있는 정보, 네트워크, 사업 기회를 연결하는 실질적 지원이 강화돼야 합니다. 나아가 국내를 넘어 글로벌 시장에서 우리 기술과 기업의 경쟁력



최근 개최된 UN 아시아하이웨이 지역회의에 참석하여 발표하는 조성민 연구처장 (2026. 2. 4.)



세계 최장 현수교인 차나칼레대교 및 연결 고속도로 사업에 참여하는 튀르키예 기업들과 함께한 현지 간담회 : 좌측에서 세 번째가 조성민 연구처장, 다섯 번째가 김기대 국토교통부 도로정책과장(2026. 2. 3.)

을 묶어내는 허브 역할까지 해낸다면, 협회의 존재감은 한층 더 커질 것입니다. 결국 협회는 단순한 교류기관이 아니라, 산업의 방향을 제시하고 해법을 만드는 'K-도로 브랜드'의 전략 플랫폼으로 진화해야 합니다.

Q __ 도로산업이 더 활성화되고 한 번 더 도약하기 위해서는 어떤 방향으로 나아가야 한다고 보십니까?

도로산업도 이제 국내 시장의 틀을 넘어, 아시아를 연결하는 더 큰 시야를 가져야 합니다. 아시안하이웨이는 단순한 국제도로망이

아니라, 우리 기술과 산업, 물류 경쟁력을 확장하는 새로운 성장 축입니다. 앞으로 도로는 더 이상 '연결하는 시설'에만 머무르지 않고, 국가와 국가, 산업과 산업을 잇는 전략 인프라로 작동해야 합니다.

특히 우리나라는 축적된 도로 건설·운영·유지관리 경험과 스마트기술 역량을 갖추고 있는 만큼, 아시안하이웨이를 통해 한국형 기술과 기준, 운영 노하우를 더 넓은 시장으로 확장할 수 있습니다. 이는 국내 도로산업의 외연을 넓히고, 관련 기업의 해외 진출과 새로운 비즈니스 기회를 키우는 계기가 될 것입니다. 결국 앞으로는 길을 놓는 것을 넘어, 연결을 설계하고 표준을 주도하는 나라가 더 큰 기회를 갖게 될 것입니다. 아시안하이웨이는 대한민국 도로산업의 미래를 넓히고, 국가 경쟁력을 한 단계 끌어올릴 수 있는 중요한 방향이라고 생각합니다.



아시안하이웨이를 강조하며 설명하고 있는 조성민 연구처장



Q __ 탄소중립과 ESG 경영이 강조되는 시기에 도로 산업에 대해 조언해 주신다면요?

탄소중립과 ESG 경영이 강조되는 시대에 도로산업은 과거의 탄소 배출 산업이라는 굴레를 벗고, 디지털 전환(DX)과 AI 기술을 통해 가장 역동적인 환경적·사회적 가치를 창출하는 분야로 거듭나야 합니다. AI 기반의 스마트 건설을 통해 생산성과 안전성을 높이고, AI 에이전트와 로봇을 활용한 선제적 유지관리와 이동가치 서비스, 교통 흐름 최적화로 혁신적 모빌리티 생태계를 만들어내야 합니다. 도로 자체가 신재생 에너지를 생산하고

소비하는 플랫폼으로 진화해야 하며, 도로 산업 참여자 간 거버넌스 구축을 통해 ESG의 사회적·윤리적 가치를 기술적으로 구현하는 핵심 동력으로 만들어야 합니다. 데이터 중심의 지능형 인프라로의 탈바꿈은 탄소중립이라는 시대적 소명을 달성함과 동시에 도로 산업을 지구를 보호하고 사람을 지키는 가장 품격 있는 미래 산업으로 격상시키는 길입니다. 🇰🇷

“기술은 현장을 만날 때 비로소 생명력을 얻는다”는 조성민 처장의 확고한 실사구시(實事求是) 철학은, 우리 도로산업이 나아가야 할 명확한 이정표를 제시해준다. AI라는 지능적인 열쇠가 현장의 난제를 해결하고, 융합적 사고를 갖춘 건설인들이 열어갈 더 안전하고 스마트한 도로의 미래를 확신한다. 혁신의 중심에 서있는 그를 뜨겁게 응원한다.



안병현 SM하이플러스 대표이사는 전산 시스템의 과감한 클라우드 이전과 AI 기반 이상 거래 탐지 시스템(FDS) 구축을 통해 모빌리티 결제의 보안성과 안정성을 한 차원 높이고 있다.

SM하이플러스(주) 안병현 대표이사

“신뢰라는 레일 위에 혁신이라는 엔진을 달고, 1,300만 고객의 이동을 금융으로 연결하겠습니다.”

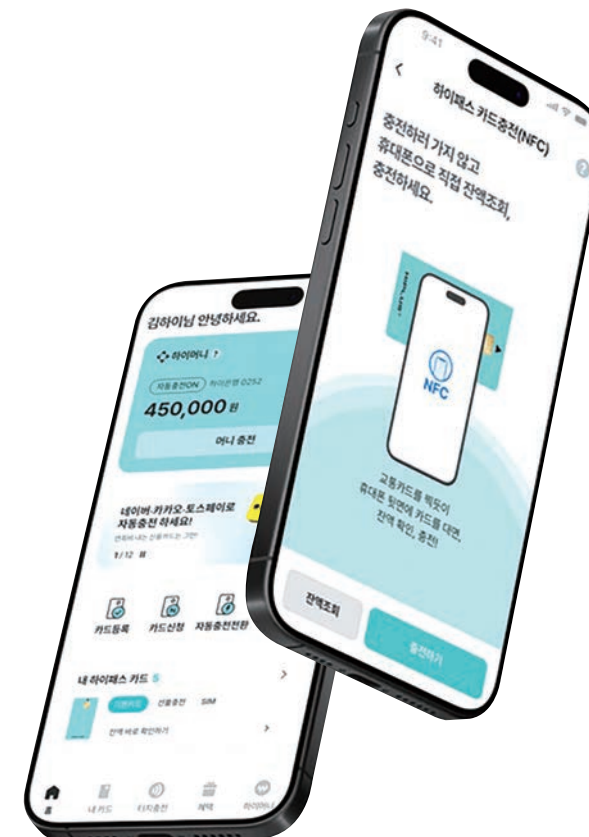
국내 최초의 하이패스 선불카드 서비스를 시작으로, SM하이플러스는 현재 1,300만 명 이상의 회원을 보유한 대한민국 대표 모빌리티 금융 플랫폼으로 자리매김했다. 하이패스 분야에서 부동의 1위를 유지하며 ‘하이패스 명가’로 불리는 이 회사는, 단순한 통행료 결제를 넘어 주차·주유·전기차 충전까지 아우르는 통합 모빌리티 결제 생태계를 구축해가고 있다. 안병현 대표이사는 이러한 성과의 배경으로 고객 신뢰를 기반으로 한 서비스 혁신, 그리고 핀테크·IT·도로 인프라를 결합한 차별화된 기술 경쟁력을 꼽는다. 도로교통 저널은 이번 인터뷰를 통해, 안병현 대표가 그리는 SM하이플러스의 성장 전략과 미래 비전, 그리고 디지털 전환 시대 도로교통 산업이 나아가야 할 방향을 들어본다.

대한민국 하이패스 명가, 모빌리티 금융의 미래를 설계하다



HIPLUS

대한민국 최초 하이패스 카드에서
스마트 하이패스로의 새로운 변화!



Q — [성장과 도약] 하이패스 시장에서 독보적 1위를 유지해온 원동력은 무엇입니까?

고객 편의와 혁신을 최우선 가치로 삼았습니다. 국내 최초 하이패스 선불카드 도입 이후 1,300만 회원의 신뢰를 바탕으로 서비스 범위를 꾸준히 확장해왔습니다. 무엇보다 신용카드 하이패스와 달리 가입 장벽을 낮추고, 연회비 없이 누구나 편리하고 빠르게 자동충전 하이패스카드를 사용할 수 있도록 한 것이 주요 원동력이었다고 생각합니다. 앞으로는 단순 하이패스 결제를 넘어 주유, 주차, 보험 등 운전자 중심의 스마트 모빌리티 결제 서비스를 선도적으로 제공하면서 지속적으로 성장동력을 높일 예정입니다.

Q — [고객 중심 경영] SM그룹의 경영 이념을 현장에서 어떻게 구현하고 계신가요?

과감한 변화와 강한 경쟁력으로 지속가능한 미래를 만드는 것이 SM그룹의 경영이념인데요. 교통분야 업계 최초로 네이버·카카오·토스페이 등 주요 플랫폼과 연계한 자동충전 서비스를 도입하고, 25년에 하이플러스 모바일 앱을 론칭하면서 고객 중심의 서비스 변화와 시스템 안정성으로 신뢰를 얻고 있습니다. 이는 고객 최우선과 사회적 책임을 강조하는 SM그룹의 경영 철학을 현장에서 실천하는 과정이기도 합니다.

Q____ [빅데이터의 가치] 매일 수백만 건씩 발생하는 하이패스 결제 데이터는 단순한 정산을 넘어 거대한 ‘이동 정보의 보고’입니다. 하이패스 결제 빅데이터를 활용한 향후 전략은 무엇입니까?

전산 시스템을 AWS 클라우드로 전면 전환해 고속도로 통행 데이터 분석 기반을 마련했습니다. 이를 통해 교통 수요 예측 모델을 정교화하고 고객 맞춤형 서비스를 개발 중입니다. 향후 차량 정보와 결합한 모빌리티 보험 등 새로운 금융 서비스를 선보여 업계의 디지털 전환을 선도할 계획입니다.

Q____ [AI 기반 지능형 서비스] 최근 도로 분야에서도 AI를 활용한 관리 효율화가 화두입니다. AI 기술을 실제 서비스 현장에 어떻게 접목하고 계십니까?

Amazon Connect라는 콜센터 솔루션을 AI기반으로 적용 및 확대하고 있습니다. 고속도로에서 고객 분들은 24시간 365일 멈추지 않고 이동하고 있기 때문에 언제든지 AI 콜봇을 도입해 고객 문의에 대응할 수 있도록 준비하고 있습니다. 또한 차량의 이동데이터와 모빌리티 결제데이터 등을 결합해서 고객의 이동패턴에 맞는 개인화된 금융, 유통, 여행상품 등을 제공하기 위한 개발에도 박차를 가하고 있습니다.



안병현 SM하이플러스 대표이사는 “1,300만 회원의 신뢰를 기반으로 통행료 결제를 넘어 대한민국을 대표하는 모빌리티 금융 플랫폼으로 진화하겠다”는 포부를 밝혔다.



안병현 SM하이플러스 대표이사와 인터뷰 하고 있는 한국도로협회 최희철 상근부회장

Q____ [디지털 전환과 플랫폼] 모바일 앱(App)을 통한 충전 서비스 및 주차장 결제 등 ‘비대면 결제’ 영역이 급속히 확대되고 있습니다. 하이패스 디지털 전략이 있다면 소개해주세요.

하이패스를 ‘디지털 지갑’으로 진화시키고 있습니다. 공식 앱을 통해 주유소, 주차장 등에서도 하이패스 잔액으로 결제할 수 있는 환경을 구축하고 있습니다. 고속도로 하이패스를 이용해 운전자들이 차를 가지고 목적지까지 가는 여정 상에서 심플하게 지갑 없이 결제 또는 예약할 수 있는 스마트 환경을 구축하고 있고, 앞으로 운전자 중심의 모든 이동 분야를 아우르는 통합 플랫폼으로 성장시킬 것입니다.

Q____ [기술적 우위] 국내 최초로 도입한 ‘SIM 하이패스 카드’의 장점은 무엇인가요?

하이패스 단말기가 경량화 되면서 차량 내장형 단말기(비포마켓)중 SIM형 단말기를 장착한 차량이 증가하고 있습니다. 이런 단말기에 직접 삽입해 사용하는 방식으로, 실물 카드를 노출할 필요가 없어 보안성이 뛰어나고 카드 분실 위험이 없습니다. 또한 신용카드를 발급받기 어려운 고객들에게도 폭넓은 결제 선택지를 제공하며, 모바일 앱을 통한 잔액 부족 시 실시간 충전 기능을 결합해 편의성을 극대화한 당사만의 차별화된 기술력의 산물입니다.

Q____ [안정성 및 신뢰 확보] 고객의 자금과 데이터를 다루는 만큼, 서비스 안정성과 보안 측면의 노력도 중요할 것 같습니다. 고객 신뢰 확보를 위해 어떤 노력을 기울이고 계신가요?

고객의 선불 충전금 약 3,150억 원 전액을 법정 기준 이상으로 안전자산에 예치하여 100% 보호하고 있습니다. 또한 AWS 클라우드 이전을 통해 장애 대응력과 거래 처리 성능을 대폭 강화했습니다. 금융과 IT 모든 측면에서 선제적인 안전장치를 마련해 고객이 안심하고 이용할 수 있도록 만전을 기합니다.

Q____ [모빌리티 생태계 확장] 최근 주유소, 주차장, 전기차 충전소 등 도로 밖으로 서비스 영역을 넓히고 계십니다. 도로 밖에서 SM하이플러스가 그리는 미래 청사진은 무엇입니까?

차량 이동과 관련된 모든 결제가 하나로 연결되는 생태계를 꿈꿉니다. 전국 2,500여 개 주차장에 차량 번호와 연동되어 자동결제를 도입하는 주차장을 모빌리티 허브로 전환 중입니다. 통행료, 주차, 충전, 정비를 아우르는 통합 인프라를 구축해 커넥티드 카 시대의 핵심 플랫폼이자 모빌리티 금융 데이터 기업으로 거듭나겠습니다.

“ 공식 앱을 통해 주유소, 주차장 등에서도 하이패스 잔액으로 결제할 수 있는 환경을 구축하고 있습니다. ”

전국 2,500여 개 주차장 하이패스 자동결제 구축, 커넥티드 카 시대의 핵심 인프라로 도약

“

임직원들이 진취적인 자세로 새로운 것에 도전할 수 있도록 동기를 부여하고, 창의적 도전정신이 조직의 DNA로 자리 잡도록 힘쓰고 있습니다.

”



SM하이플러스는 하이패킹, iM뱅크 등과의 업무협약을 통해 모빌리티 서비스와 생활금융 분야 협력을 확대하고 있다.

① [ESG와 도로교통] 하이패스 활성화는 톨게이트 정체 해소를 통한 탄소 배출 감소와 직결됩니다. SM하이플러스의 사회적 책임(ESG) 활동에 대해 소개 부탁드립니다.

저희는 하이패스 보급 확대를 통해 도로상의 불필요한 공회전을 감소시켜 탄소 저감에 기여하고 있으며, 특히 전기차 보급이 확대되면서 불필요하게 전기차 충전카드와 하이패스카드 2장을 사용할 필요없이 하나의 카드로 전기차 충전까지 이용할 수 있도록 준비 중인데요. 카드를 제작하는 플라스틱이나 IC칩을 2개씩 발행할 필요가 없기 때문에 환경 측면에서도 전기차 보급 활성화와 함께 기여할 것으로 예상합니다. 한편, SM그룹의 슬로건인 '동행(同行)'에 맞춰 협력사 상생 프로그램과 취약계층 지원을 전개하고 있습니다. 기업 시민으로서 책임을 다하며 친환경 도로 생태계 조성에 앞장서겠습니다.

② [혁신 DNA 아식] 금융과 IT, 인프라가 결합된 모빌리티 비즈니스 특성상 하루가 다르게 빠르게 변하고 있습니다. 조직 문화를 어떻게 만들어가고 계시며, 대표님이 선호하시는 인재상은 무엇입니까?

저희 SM하이플러스는 변화에 유연하게 대응하는 “융합형 인재”를 선호합니다. 금융, IT, 인프라 등 서로 다른 분야의 팀들이 수시로 협업하며 아이디어를 공유하는 문화를 장려합니다. 임직원들이 진취적인 자세로 새로운 것에 도전할 수 있도록 동기를 부여하고, 창의적 도전정신이 조직의 DNA로 자리 잡도록 힘쓰고 있습니다.



안병현 SM하이플러스 대표이사과 최희철 한국도로협회 상근부회장이 인터뷰 후 로비에서 기념촬영하는 장면

③ [유연한 조직 운영] 사내 소통 방식이나 의사결정 체계에서 대표님만의 특별한 운영 노하우가 있다면 소개해 주십시오.

핀테크(FinTech) 기업 못지않은 민첩함이 요구되는 시대입니다. 소통과 신뢰를 바탕으로 한 ‘민첩한 의사결정’이 포인트입니다. 매월 정기적으로 전사 타운홀 미팅을 통해서 모든 직원이 누구나 경영활동에 대해서 논의하고 최고의 성과를 만들도록 협의하는 문화를 갖고 있습니다. 또한 현장의 목소리가 경영에 즉각 반영되고 논의되어 진행되도록 디지털 협업툴을 통해서 언제든지 자유롭게 논의할 수 있는 채널을 운영하고 있는데 이는 변화가 빠른 핀테크 시장에서 애자일하게 대응하는 힘이 됩니다.





안병현 SM하이플러스 대표이사는 “1,300만 회원의 신뢰를 기반으로 통행료 결제를 넘어 대한민국을 대표하는 모빌리티 금융 플랫폼으로 진화하겠다”는 포부를 밝혔다.

“고객들도 이동 동선을 최적화하고 개인화된 서비스를 받음으로써 효용이 극대화될 것으로 생각합니다.”

Q [정책 및 제도적 과제] 현재 도로교통 정책에서 개선되어야 하거나 선제적으로 마련되어야 할 제도가 있다면 무엇이라고 보십니까?

하이패스 데이터를 실시간으로 이용하고 활용하도록 개선이 필요합니다. 마이데이터 시대에 고객들이 실시간으로 하이패스 이용데이터를 확인하고 결제할 수 있는 것이 중요한데요. 이를 통해 고객들도 이동 동선을 최적화하고 개인화된 서비스를 받음으로써 효용이 극대화될 것으로 생각합니다. 또한 모빌리티 분야의 데이터 연계를 촉진하는 제도 마련도 중요합니다. 현재 저희가 추진 중인 통행 데이터 기반 맞춤형 보험할인 등의 서비스도 다양한 주체 간 데이터 공유가 원활해야 가능한 만큼, 개인정보 보호와 활용의 균형을 맞춘 법적 근거가 뒷받침되었으면 좋겠습니다.

Q [협회와의 상생 협력] 한국도로협회와 SM하이플러스가 함께 대한민국 도로 인프라의 디지털 전환을 이끌기 위해 어떤 실질적인 협력이 필요하다고 생각하십니까?

도로협회가 중심이 된 디지털 도로 협의체 구성을 제안합니다. 예컨대 산·학·연 전문가와 회원사가 모여 미납을 획기적으로 줄이면서 스마트톨링을 활성화할 수 있는 기술 표준화와 공동 로드맵을 수립하는 것을 제안드리며, 하이패스 기반 스마트 주차 프로젝트 등 공동 시범 사업을 추진해 성공 사례를 발굴한다면 대한민국 도로 인프라의 디지털 전환을 한층 앞당길 수 있다고 생각합니다.

Q [산업 발전 제언] 마지막으로, 2026년 봄을 맞아 대한민국 도로교통 산업의 지속 가능한 발전을 위해 관련 업계 종사자들과 저널 독자들에게 전하고 싶은 메시지가 있다면 부탁드립니다.

AI와 디지털 전환이라는 거대한 흐름 속에서 변화를 두려워하지 말아야 합니다. 대국민 서비스 정신과 열린 협력을 바탕으로 도로업계 종사자들이 지혜를 모은다면 더 안전하고 효율적인 도로교통 환경을 만들 수 있다고 생각합니다. SM하이플러스도 끊임없는 혁신과 상생으로 업계를 선도하며 지속 가능한 미래를 함께 만들어가겠습니다 🇰🇷

SM하이플러스는 하이패스 1위 기업이라는 현재의 성과에 안주하지 않고, 데이터와 기술을 기반으로 한 모빌리티 혁신을 통해 더 큰 성장과 발전을 준비하고 있다. SM하이플러스의 행보처럼 도로 위에서 끊임없이 개선과 혁신의 해법을 모색한다면, 도로교통 산업 역시 지속 가능한 산업으로 한 단계 도약할 수 있을 것이다. 안전하고 편리한 미래 도로를 향해 나아가는 SM하이플러스의 도전이 도로교통 산업 전반의 지속 가능한 성장으로 이어지기를 기대해본다.

주요 연혁

- 2007. 7 하이플러스카드(주) 창립
(한국도로공사 100% 자회사)
- 2008. 3 전자금융업 등록 및 업무 개시
- 2009. 1 국내 최초 하이패스 자동충전 서비스 실시
- 2011. 6 SM그룹 계열사 편입
- 2018. 6 SM하이플러스(주)로 사명 변경 및 누적 발급 1,000만 매 돌파
- 2024. 7 브랜드 아이덴티티(BI) 리뉴얼 및 모빌리티 페이먼트 비즈니스 확장 선포
- 2024. 8 국내 최초 SIM형 자동충전 하이패스 카드 출시 2025. 4. 하이패스 전용 하이플러스 모바일 앱 론칭
- 2025. 11 AWS 클라우드 기반 차세대 전산 시스템 전환 완료
2026. 1. 전국 218개 휴게소 배리어프리 무인충전기 교체 완료
- 현재 누적 회원 수 약 1,300만 명 이상 선불 충전금 규모 약 3,150억 원 (안전 자산 100% 예치 관리 중)

안병현 SM하이플러스(주) 대표이사 이력

안병현 대표는 23년간 카드업계에서 통합멤버십, 마케팅, 글로벌 전략을 주도한 전문가로 롯데그룹에서 18년간 롯데카드 멤버십전략팀장, 롯데멤버십 전략기획팀장을 지냈고, 한화그룹에서 베트남 모바일 페이먼트 회사인 바닐라 스튜디오 최고전략책임자(CSO·Chief Strategy Officer)를 거쳐 '24년 SM하이플러스에 카드사업본부장으로 영입된 후 '25년 10월 대표이사에 선임됐다.

이상호 (주)유창이앤씨 부회장은 국내·외 건설산업에서 명성을 쌓아온 저명한 전문가이다. 서울대학교 정치학과를 졸업하고 동 대학원에서 행정학 박사 학위를 취득했다. 한국건설산업연구원에서 연구원장을 역임하며 SOC 및 인프라 투자 확대와 건설정책 발전에 중추적인 역할을 했다. 사단법인 건설산업비전포럼 공동대표로 한국 건설산업 혁신을 주도하며 업계의 변화를 이끌었다. 또한 GS건설의 전략 담당 및 경영연구소장, 한미글로벌 사장, 법무법인 율촌 상임고문 등을 역임하며 부동산 개발, 해외건설, PM/CM 등 다양한 분야에서 실무와 경영 경험을 쌓았다. 그는 폭넓은 경력과 깊이 있는 통찰력을 지닌 대한민국 건설산업을 대표하는 리더이다. 이번 기고는 건설규제개혁에 대해 새롭게 전문적인 시각을 제시하며, 국내 건설산업이 나아가야 할 방향에 대한 깊이 있는 내용을 담았다.

LEE

이상호의 건설정책 포커스

글로벌 스탠다드의 허상과 실상

Sang-ho

“30년 추격의 마침표, 신기루를 넘어 ‘K-건설’의 실체를 세워야 할 때”

오랫동안 한국의 건설산업과 정책은 글로벌 스탠다드를 추구해 왔다. 글로벌 스탠다드를 추구하게 된 배경과 시점을 돌아해보면 1990년대 중반 전후였던 것으로 생각된다. WTO체제의 출범과 더불어 한국의 건설시장도 1995년부터 외국건설업체에게 전면 개방되었다. 당시 건설업계의 건설시장 개방에 대한 공포감은 대단했다. 국내 굴지의 대형건설사 임원들도 건설시장 개방 시 선진국 건설업체들이 한국시장에 대거 진출하면서 국내 대형 건설사들이 선진국 건설사의 하도급자로 전락할지 모른다고 우려했다. 두려움에 사로잡힌 중소건설사들도 건설시장 개방에 대비하여 1995년에 민간주도로 한국건설산업연구원을 설립하여 공동으로 대응책을 마련하고자 했다. 이때 필자도 창립멤버의 일원으로 한국건설산업연구원에 취업하면서 건설업계에 첫발을 디딘 시점인지라 당시의 분위기를 생생하게 기억하고 있다.



(주)유창이앤씨
이상호 부회장

1995년 전후로 정부는 WTO 정부조달협정(GPA) 상의 상호주의 원칙에 따라 국내 건설정책과 제도를 글로벌 스탠다드로 바꾸는 작업을 한창 진행했다. 예를 들면 기존의 예산회계법령에 있던 정부조달 관련 법령을 모아 별도의 <국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률(국가계약법)>을 제정하면서(1995), 기존의 최저가 낙찰제 대신 가격과 기술력 등을 종합적으로 평가하여 적격한 업체를 낙찰자로 선정하는 적격심사제도를 도입했다. 오늘날까지도 적격심사제도에 대해서는 많은 비난이 있긴 하지만, 도입 당시에는 건설시장 개방에 발맞추어 글로벌 스탠다드를 도입한다는 취지였다.

1990년대 중반에 건설업계는 건설업계대로 국내외에서 선진국 건설사와 경쟁하기 위해 글로벌 경쟁력을 어떻게 높일 것인지를 두고 논란이 많았다. 당시의 분위기를 회고해 보면, 한국 건설산업의 글로벌 스탠다드화를 위해서는 시공 중심에서 탈피하여 ‘건설사업관리(CM: Construction Management)’를 도입해야 한다는 목소리가 컸다. 주로 중동이나 동남아 해외건설시장에서 CM을 경험한 건설엔지니어들과 미국에서 공부한 교수·연구원 등이 활발하게 주장했고, 마침내 CM은 1996년에 <건설산업기본법>이 제정되면서 ‘건설제도’의 하나로 도입되어 오늘에 이르고 있다.

1997년말의 IMF외환위기도 글로벌 스탠다드 도입 필요성을 강화시킨 요인이었다. IMF로부터 구제금융을 받는 대가로 한국경제와 산업은 혹독한 구조조정을 겪었고, 그 과정에서 정부와 기업들은 영미식의 경제시스템을 한국에 이식하고자 하는 노력을 강화했다. 이같은 시대적 분위기에 더하여 건설업계에는 1990년대 중반부터 영국 건설산업의 혁신사례가 소개되기 시작했다. 특히 Latham Report(1994)를 시작으로 건설산업 혁신을 통해 공사비

를 30% 이상 절감할 수 있다는 등을 내용으로 하는 영국의 각종 보고서들이 연달아 알려졌고, IMF외환위기를 극복하기 위해서는 우리도 영국처럼 공공건설사업 효율화를 통해 공사비를 절감해야 한다는 정부와 건설업계 차원의 움직임도 많았다. 그 과정에서 국토교통부와(사)건설산업비전포럼에서 민관합동으로 <건설산업선진화위원회>를 결성했고(2008), 글로벌 스탠다드의 도입을 핵심으로 하는 보고서를 발간하기도 했다.

한국의 건설산업과 정책이 명시적으로 글로벌 스탠다드를 추구한 지도 어느덧 30년이 지났다. 지금 이 시점에서 30여년 전에 한국 정부와 건설업체들이 우려했던 바를 돌아켜 생각해보면 웃음이 나오는 대목도 많다. 한국의 건설시장이 개방되자마자 외국 건설업체들이 대거 한국시장에 진출할지 모른다는 우려부터가 기우로 판명되었다. 지난 30여년간 미국이나 유럽은 말할 것도 없고, 중국이나 일본 건설업체들조차 한국 건설시장의 시공부문에 진입한 사례는 찾아보기 어렵다. 한국 건설업체들이 오랫동안 롤모델처럼 꼽아왔던 미국의 Bechtel사가 마치 CM회사로서 시공은 안하고 CM만 한다는 식의 가짜뉴스도 한때 유행했었다. 미국의 Bechtel사는 ENR(Engineering News Record)에서도 EC(Engineering & Construction)기업으로 분류하고 있다. Bechtel은 탁월한 엔지니어링역량과 원천기술을 보유한 기업으로서 CM사업도 하지만 시공도 수행한다는 의미에서 EC기업으로 분류하고 있는 것이다. 프랑스의 VINCI를 비롯한 미국과 유럽의 대형건설사에 비하면, 예컨대 해마다 ENR 선정 글로벌 Top10 기업에 비하면 한국 건설업체들은 너무 작아서 글로벌 경쟁력을 갖기 어렵다는 진단도 많았다. 하지만 VINCI를 비롯한 글로벌 건설업체들은 대부분 수백개 내지 수천개에 달하는 계열사의 연

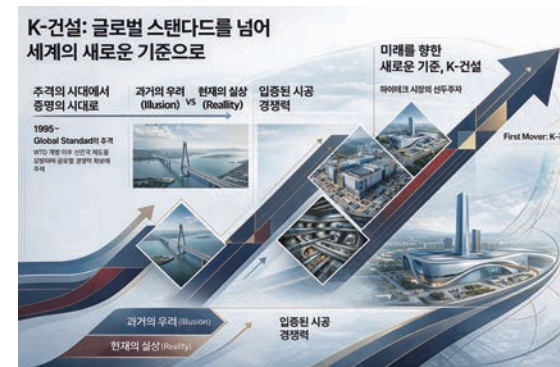
결매출액으로 합산평가하다 보니 한국 건설업체보다 월등하게 규모가 크게 보였을 뿐이다. 단일회사로서, 특히 시공 중심 건설사로서 한국의 현대건설이나 삼성, 대우, GS건설 정도 규모가 되는 건설사는 미국과 유럽에서도 찾아보기 어렵다. 해외건설시장에서의 글로벌 경쟁력을 평가하더라도 한국 건설사들은, 비록 설계와 엔지니어링 부문에서는 뒤쳐졌지만, 시공업체로서의 경쟁력은 미국이나 유럽건설업체를 능가했다. 미국의 건설정책이나 제도만 해도 나름의 역사나 산업환경에 기초한 특수한 사례였지, 전 세계적으로 보편적으로 활용되는 사례가 아니었다. 미국의 건설공사 입찰계약에서 결정적인 역할을 한다고 하는 보증시스템(Surety) 부터가 그렇다. 미국을 제외한 그 어떤 나라도 미국과 같은 공사보증제도를 운영하고 있지는 않다. 이렇게 보면 한때 우리가 찾아해매던, 전 세계 까지는 아니더라도 최소한 미국이나 유럽의 선진국에서나마 보편적으로 활용되는, 이른바 건설정책의 글로벌 스탠다드는 찾을 수 없는 신기루가 아니었나 싶다.

사실 어떤 정책이나 제도건 간에 특정한 국가나 경제사회 시스템과 무관한 것은 없다. 각 나라마다 제각각 고유의 정책과 제도를 운영하고 있는 것이 현실이다. 하지만 그렇다고 해서 선진국의 개별 건설정책과 제도를 관통하고 있는 기본원칙마저 없을까? 그렇지 않다. 우리가 도입하고자 한 글로벌 스탠다드는 선진국의 개별 정책이나 제도가 아니라 전체를 관통하는 핵심적인 기본원칙을 의미한다고 봐야 할 것이다.

필자만 해도 몇 년간 미국과 유럽의 건설정책이나 제도의 글로벌 스탠다드가 무엇인지를 파악하기 위해 여러차례 출장을 다녀왔다. 기획재정부, 국토교통부, 대한건설협회, 대형건설사 등의 입찰계약제도 실무자들과 함께 미국

과 유럽의 정책기관 및 발주기관 여러 곳을 몇 년간에 걸쳐 방문했고, 그 결과를 책으로 발간하기도 했다. 그 과정에서 우리와 다른 여러 가지 요소들을 파악하게 되었다.

우리는 흔히 한국의 건설행정이 발주자 우위의 관행에 젖어 있다고 생각한다. 하지만 정작 미국과 유럽의 발주기관을 방문해서 발주자와 계약자 간의 관계가 어떤지를 여러 각도에서 질문해 보면, 우리보다 훨씬 더 철저하게 발주자 우위로 제도운영이 이루어지고 있었다. 그 이유는 기본적으로 책임행정 원칙이 확립되어 있고, 발주기관 공무원들이 오랫동안 해당업무에 종사하면서 전문성을 쌓아왔기 때문이다. 우리처럼 순환보직제를 운영하면서 자주 부서나 보직 이동이 이루어지는 행정체제 속에서는 발주자의 전문성을 기대하기 어려운 경우가 많다. 게다가 “감사 대비 행정”이 중요하다 보니 책임을 회피하기 위해 무분별하게 외부인들을 각종 심의나 의결에 끌어들이는 것도 문제다. 미국이나 유럽의 발주기관들도 외부 전문가를 활용하긴 하지만, 발주기관의 전문성이나 인력이 부족할 경우, 민간부문의 경쟁력을 활용하고자 할 경우에 제한적으로 이루어진다. 또한 발주자의 눈높이 차이도 있다. 큰 문제없는 업체나 최악이 아닌 적당한 업체를 선정하고자 하는 것이 아니라 입찰자 중에서 최고의 업체를 선정하고자 한다. 최저가격(Lowest)이 아니라 투자효율성(Value for Money)을 높일 수 있는, 최고의 가치(Best Value)를 제공할 수 있는 업체를 선별하기 위한 제도적 장치와 절차를 마련하고 있다. 건설산업의 혁신도 감-을 관계에서 을의 위치에 있는 건설업계가 아니라 갑의 위치에 있는 발주자 혁신에서 출발하고 있었다. 가장 대표적인 사례가 영국이었다. 이처럼 발주자의 전문성과 책임행정, 최고 가치 확보를 통한 투자 효율성 제고, 발주자 혁신 등은 선진국 건설정책이나 제



“ 제도의 모방에서 새로운 글로벌 스탠다드로 도약해야 ”

도에서 찾아 볼 수 있는 보편적인 기본원칙들이다. 우리가 본받아야 할 글로벌 스탠다드의 실상도 바로 이같은 기본 원칙이라고 본다.

그렇다면 미국과 유럽의 건설산업은 지금도 선진국 위상에 걸맞게 투자효율성을 확보하고 있을까? 그렇지 않은 것 같다. 30년 전만 해도 혁신이 이루어지는 것처럼 보이던 영국의 건설산업은 과도한 규제와 행정절차로 인해 이제 더 이상 아무 것도 건설할 수 없는 나라로 전락했다는 평가를 받고 있다. 독일도 다르지 않다. 한때 유럽경제의 기관차로 불리던 독일은 지금 또다시 “돌아온 유럽의 병자(病者)” 취급을 받고 있고, 철도 인프라의 노후화나 에너지 문제 등이 경제성장의 발목을 잡고 있다. 미국도 토마스 프리드만이 <미국쇠망론>에서 주장했듯이, 열악한 인프라 시스템이 미국을 망치고 있지만 개선이 이루어지지 못했다. 이렇게 된 원인은 과도한 정부부채 탓도 크지만, 과거 성장

시기에 작동했던 건설정책이나 제도가 오늘날과 같은 IT 혁명시대, AI시대에 걸맞게 진화하지 못한 탓도 크다. 특히 가장 중요한 쇠락의 원인은 오랫동안 금융을 비롯한 서비스산업, IT산업과 AI 등에 대한 투자와 관심만 많았고, 제조업이나 건설산업은 철저히 외면한데 있다고 본다.

가장 대표적인 사례가 미국이다. 최근 몇 년간 한국 건설업체들의 해외 주력시장이 미국으로 옮겨갔다. 삼성전자, 현대자동차, LGES 등한국의 반도체와 자동차 및 배터리 업체들이 대거 미국에 진출하여 공장을 짓고 있다. 처음에는 한국의 제조업체들도 미국 현지 건설업체들을 많이 활용하고자 했다. 막상 미국의 현지 건설업체들을 활용해 보니, 높은 인건비도 문제지만 하이테크 공장을 몇 십년간 지어 본 경험이 없다 보니 기술인력과 숙련기능공도 없고, 생산성은 없으면서 클레임이나 법적 분쟁만 야기하는 사례가 많았다. 그 결과 프로젝트 현장마다 공기 지연, 공사비 급증, 품질 불량 등 술하게 많은 문제가 불거졌다. 지금은 다시 한국 건설업체들을 중심으로 미국에서 공장을 건설하는 것으로 선회하고 있다. 이처럼 미국에서도 한국 건설업체가 미국 현지 건설업체보다 더 낫다는 평가를 받는 원인이 무엇인 지도 곰곰이 생각해 볼 필요가 있다.

이제는 글로벌 스탠다드의 허상을 쫓는 일을 그만둬야 한다. 미국이나 유럽의 특정한 건설정책과 제도는 그 나라 역사와 문화의 산물일 뿐이다. 우리가 추구해야 할 글로벌 스탠다드의 실상은 투자 효율성을 높이기 위한 기본원칙들이다. 또한 한국은 이미 선진국 반열에 들어섰고, 한국의 건설산업도 글로벌 경쟁력이 있다. 앞으로는 한국의 건설산업도 “빠른 추격자(fast follower)”로서 선진국을 모방하기 보다는 “선도자(First Mover)”로서 K-팝이나 K-푸드와 같이 “K-건설”을 수출할 수 있는 새로운 글로벌 스탠다드를 창출했으면 한다. 🇰🇷

AI 기반 스마트 도로포장 관리시스템의 기술 동향과 예방적 유지관리 전략



김시로 | 위프코(주) 대표이사

1. 사회기반시설의 노후화와 관리 위기

도로, 교량, 댐, 저수지 등 사회기반시설(SOC; Social Overhead Capital)은 국민의 일상과 산업 활동을 떠받치는 핵심 공공자산이다. 이들 시설물은 설계수명 내에서 요구성능을 유지할 때 비로소 본래의 기능을 발휘하며, 성능 저하나 기능 상실은 곧 직접적인 사회·경제적 손실로 이어진다. 그러나 우리나라의 고도 성장기에 집중 건설된 시설물들이 일제히 노후화 단계에 접어들면서, 관리 수요는 폭증하는 반면, 이를 감당할 전문인력과 재정은 한계에 봉착하고 있다. 2024년 1월 국토교통부가 발표한 표 1의 '인프라 총조사' 결과는 이 같은 현실을 수치로 명확히 보여주고 있

다. 준공일자 확인이 가능한 383,281개 시설물 중, 건설 후 20년 이상 경과한 시설이 51.2%에 달하며, 30년 이상 노후 시설도 25.2%를 차지한다. 시설 유형별로는 저수지의 30년 이상 노후 비율이 96.5%로 가장 심각하고, 통신설비(64.4%), 댐(44.9%)이 뒤를 잇고 있다. 신규 시설이 추가되지 않는다는 전제하에 현재의 추세가 지속될 경우, 2033년 이후에는 현재 20년 이상 시설 전체가 30년 이상 시설로 편입되면서 노후 시설 비율이 산술적으로 86.4%에 달할 전망이다. 안전등급 측면에서도 D·E등급(미흡·불량) 판정을 받은 시설물 763개 중 도로가 172개(22.5%)로 가장 높은 비중을 차지하고 있어, 도로 인프라에 대한 체계적이고 선제적인 안전 관리가 시급한 과제임을 보여주고 있다.

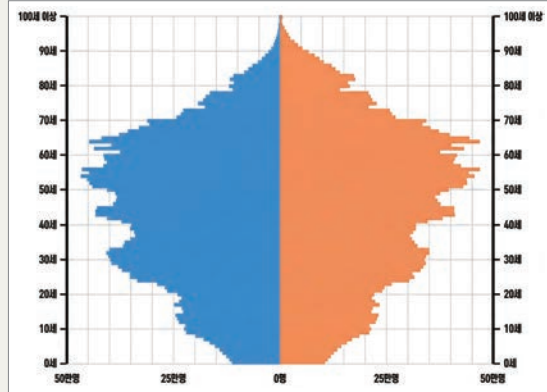
[표 1] 기반시설별 사용연수 현황

구분		인프라 총조사	사용연수 조사현황	10년 미만		10년 이상~20년 미만		20년 이상~30년 미만		30년 이상	
도로		100,982	63,283	12,128	19.2%	19,979	31.6%	19,080	30.2%	12,096	19.1%
철도		174,925	137,764	34,151	24.8%	50,576	36.7%	34,035	24.7%	19,002	13.8%
항만	항만	1,595	1,519	208	13.7%	455	30.0%	378	24.9%	478	31.5%
	여항	2,148	1,397	247	17.7%	455	32.6%	390	27.9%	305	21.8%
공항		760	441	161	36.5%	130	29.5%	120	27.2%	30	6.8%
수도		16,184	13,153	4,751	36.1%	5,228	39.7%	1,711	13.0%	1,463	11.1%
전기		137,101	137,055	19,733	14.4%	32,785	23.9%	40,821	29.8%	43,716	31.9%
가스		650	649	152	23.4%	293	45.1%	147	22.7%	57	8.8%
열		210	206	94	45.6%	82	39.8%	19	9.2%	11	5.3%
통신		216	216	0	0.0%	6	2.8%	71	32.9%	139	64.4%
공동구		39	39	12	30.8%	7	17.9%	8	20.5%	12	30.8%
송유		26	26	1	3.8%	0	0.0%	20	76.9%	5	19.2%
하천		22,379	8,483	1,114	13.1%	2,756	32.5%	2,048	24.1%	2,565	30.2%
저수지		17,375	17,313	140	0.8%	197	1.2%	268	1.5%	16,708	96.5%
댐		139	138	7	5.1%	33	23.9%	36	26.1%	62	44.9%
하수도		3,570	1,599	348	21.8%	727	45.5%	420	26.3%	104	6.5%
합계		478,299	383,281	73,247	19.1%	113,709	29.7%	99,572	26.0%	96,753	25.2%

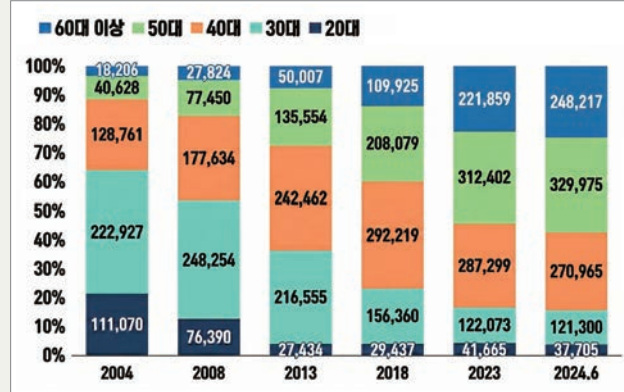
노후화 시설의 증가로 점검 수요는 꾸준히 늘어나는 반면, 이를 감당할 전문인력은 오히려 줄어드는 상황이 심화되고 있다. 우리나라는 2024년 12월, 65세 이상 인구 비중이 20%를 돌파하며 공식적으로 초고령 사회에 진입했다. 건설기술인 평균 연령은 2004년 37.5세에서 2024년 51.4세로 20년간 약 14세 상승한 반면, 같은 기간 건설·엔지니어링 분야 인력 수요는 47.8% 증가해 공급 불균형이 구조적 문제로 고착되고 있다. 이러한 인구구조의 변화는 단순한 노동력 부족을 넘어, 숙련된 점검 인력의 절대적 감소와 전문 기술의 세대 간 단절이라는 질적 위기로 이어지고 있다. 일본 역시 인구 고령화와 인프라 노후화라는 복합적인 위기 국면에 처해 있다. 이에 일본 정부는 2013년 “인프라 장수명화 기본계획”을 수립하여, 사후대응 중심의 유지관리에서 벗어나 예방점검과 계획적 갱신을 통

해 시설물의 공용 수명을 연장하는 ‘장수명화(Long-life Extension)’ 전략을 채택한 바 있다. 이는 한정된 재정 여건 속에서 노후 시설물을 효율적으로 관리하기 위한 정책으로서, ‘조기 건설·조기 폐기’ 방식에서 ‘장기 사용·효율적 관리’로의 패러다임 전환이었다. 나아가 일본 국토교통성은 2016년 ‘i-Construction’을 발표하며 건설현장의 디지털 전환에 착수하였고, 8년 만인 2024년 4월에는 후속 정책인 ‘i-Construction 2.0’을 발표하였다. 새 정책은 2040년까지 건설현장 투입 인력을 30% 감축하고 생산성을 1.5배 향상시키는 것을 핵심 목표로 삼으며, 무인화·탈현장화를 통해 인력 의존도를 근본적으로 해소함으로써, 산업 전체의 패러다임 전환을 본격 추진하고 있다. 이는 유사한 구조적 과제에 직면한 우리나라의 정책 방향에도 많은 시사점을 제공하고 있다.

[그림 1] 2025년 대한민국 인구 피라미드



[그림 2] 건설기술인 연령별 현황

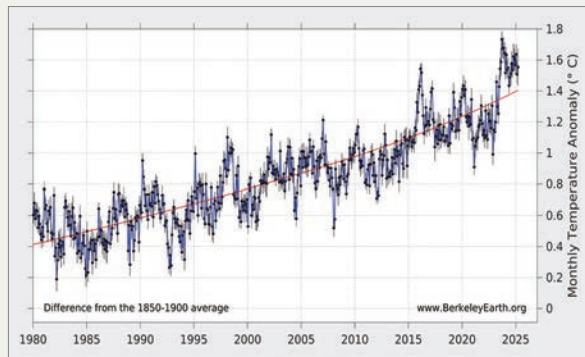


2. 기후변화와 도로 인프라에 대한 복합적 위험

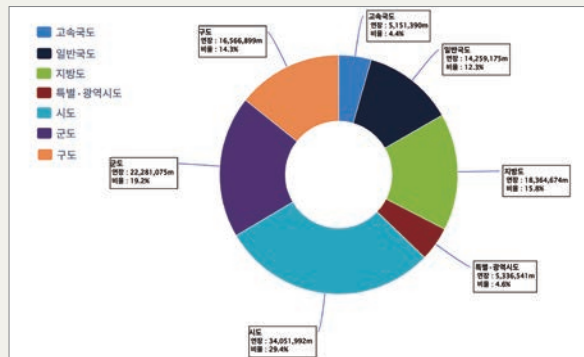
인력 위기와 더불어, 기후변화 또한 인프라에 대한 위험을 가속화하는 핵심 요인으로 부상하고 있다. 세계 기상기구(WMO)에 따르면, 2024년 지구 평균 기온은 산업화 이전 대비 1.55℃ 상승해 175년 관측 역사상 최고치를 기록했으며, 파리협정의 1.5℃ 임계값을 연간 단위에서 처음으로 초과했다. 2015년부터 2025년까지 11년 연속으로 기온 기록이 경신되며 온난화 추세가 고착화되고 있다.

한반도도 이 같은 추세에서 예외가 아니다. 2024년 전국 평균 기온은 평년보다 2.0℃ 높은 14.5℃를 기록했고, 여름철 강수의 약 79%가 장마 기간에 집중되는 등 강수 강도의 극단화가 뚜렷이 나타나고 있다. 여기에 한반도 주변 해역의 해수면 온도가 최근 10년 평균 대비 1.3℃ 상승하면서 폭염과 집중호우를 더욱 강화하는 요인으로 작용하고 있다. 이러한 극단적 기상 현상의 빈도와 강도 증가는 도로포장의 열화를 가속화하고 유지관리 비용을 구조적으로 끌어올리는 직접적 요인이 된다.

[그림 3] 글로벌 평균 기온 편차(1850~2025년)



[그림 4] 2024년 도로현황



3. 국내 도로 현황과 포장 유지관리의 중요성

2024년 기준 대한민국의 총 도로 연장은 116,012km이며, 이 중 107,458km(약 92.6%)가 개통·운영 중이다. 도로 등급별로는 지방자치단체 관리 도로의 비중이 압도적으로 높는데, 시도(34,052km)·군도(22,281km)·지방도(18,365km) 순으로 전체 도로망의 대부분을 구성한다. 고속국도는 5,151km로 전체의 4.4%에 불과하지만, 장거리 이동과 물류를 뒷받침하는 핵심 간선 인프라로서의 역할을 수행한다. 포장 현황을 보면 개통 도로의 95.7%(102,847km)가 포장도로이며, 미포장 구간 4,611km는 대부분 군도에 집중되어 있다.

아스팔트 도로는 단순히 지표면을 덮는 피복재가 아니라, 교통 하중을 효율적으로 분산시키기 위해 역학적 원리에 따라 설계된 '다층 복합 구조체(Multi-layered Composite Structure)'로서, 표층, 기층, 보조기층으로 구성된 각 층은 상부의 수직 하중을 점진적으로 분산시켜 노상에 전달되는 응력을 최소화하는 역할을 한다. 아스팔트 혼합물의 핵심 바인더(Binder; 결합제)인 비투멘(Bitumen)은 골재 간의 결합력을 유지하며 외부 하중에 저항하는 점탄성(Viscoelasticity)을 제공한다.

도로의 내구성을 뒷받침하는 비투멘(Bitumen)은 시간이 흐를수록 산화와 휘발에 의해 유연성이 낮아지고, 깨지기 쉬운 취성(Brittleness) 상태로 변한다. 문제는 지구온난화에 따른 극한 기후가 이 과정을 더욱 재촉한다는 점이다. 기록적인 고온과 불규칙한 강수 패턴은 바인더의 노화를 촉진하는 촉매제가 되어, 도로 포장의 수명을 단축시키는 결정적인 원인이 되고 있다. 여름철 폭염은 아스팔트 표면 온도를 60℃ 이상으로

끌어올려 소성변형(러팅, Rutting)을 유발하고, 겨울철 혹한과의 반복적인 온도 교차는 횡방향 균열을 심화시킨다. 자외선 노출은 표면층 강성을 35~40% 높여 미세 균열을 유발하며, 집중호우 시 빗물이 균열부로 급속히 침투하면 아스팔트와 골재 간 결합력이 저하되는 박리 현상이 가속화된다. 포화 상태의 노반은 지지력을 급격히 잃어 중차량의 반복 통행에 의한 거북등 균열(Alligator Cracking)과 포트홀(Pothole)로 이어지는 악순환이 반복된다.

서울시 전체 도로의 90% 이상을 차지하는 아스팔트 포장은 이처럼 기후변화로 인한 폭염과 집중호우의 이중 압박 속에서 열화가 가중되고 있으며, 젖은 노면에서의 교통사고 위험 또한 함께 높아지고 있다. 포장 손상 유형으로는 거북등 균열(Alligator Cracking), 종·횡방향 균열, 포트홀(Pothole), 러팅(Rutting), 라벨링(Raveling), 블리딩(Bleeding), 쇼빙(Shoving) 등이 있으며, 이들은 서로 복합적으로 작용하여 파손을 가속시킨다.

국토교통부의 최신 도로보수 비용 자료에 따르면, 포장 관련 비용이 전체의 35.8%를 차지한다. 구조물, 안전시설, 위험도로, 자전거도로 등 여타 항목에서 포장과 직·간접적으로 연관된 비용까지 합산하면, 실질적인 포장 관련 투자 비중은 전체의 50%에 근접하는 것으로 추산된다. 포장 항목에는 소파보수(Patching), 표면처리, 덧씌우기(Overlay), 재포장, 균열 실링(Sealing), 교면포장, 포트홀 보수 등 다양한 공정이 포함된다. 공용 기간이 15년 이상인 포장의 경우, 전체 손상의 약 36%가 기후변화 및 지반 조건 등 환경적 요인에서 비롯되는 것으로 나타난 만큼, 초기 단계에서의 조기(早期) 발견과 적기(適期) 보수가 유지관리 비용을 최소화하는 핵심 전략이다.

[표 2] 도로 보수 비용

항목	보수비		2024년 비율
	2023년	2024년	
포장	1,362,846	1,493,025	35.8
구조물	777,060	809,736	19.4
안전 시설	777,060	809,736	19.4
위험도로 개선	249,450	178,430	4.3
병목 지점	191,801	167,487	4.0
재해-응급복구	209,967	297,226	7.1
자전거 도로	42,987	25,046	0.6
기타 소계	314,190	394,056	9.4
총계	4,353,095	4,561,472	100.0

4. 도로포장관리시스템(PMS)과 포장상태 평가지수

도로포장은 교통하중과 환경 조건의 영향을 지속적으로 받기 때문에, 체계적인 상태 관리가 무엇보다 중요하다. 이러한 유지관리를 효과적으로 수행하기 위해서는 포장 상태를 객관적으로 파악하는 체계적인 관리 시스템이 필요하다. 이를 위해 국토교통부, 서울시, 한 국도로공사 등 주요 도로 관리 기관에서는 도로포장관리시스템(PMS, Pavement Management System)을 구축하여 운영하고 있다.

PMS는 균열·포트홀·탈리 등의 노면 결함(Surface Distress)을 비롯해 소성변형(Rutting), 종단 평탄성 (IRI), 그리고 하부 공동(Subsurface Cavity) 등 도로의 구조적 건전성과 주행 안전성을 결정짓는 핵심 지표들을 바탕으로 포장 상태를 종합적으로 평가한다.

이러한 정보를 종합하여 도로의 상태를 객관적으로 평가하고, 보수 시기와 방법을 결정하게 된다. 우리나라의 일반국도와 고속국도는 비교적 체계적인 관리가 이

루어지고 있지만, 전체 도로의 약 80% 이상을 차지하는 지방자치단체 관리 도로는 아직 PMS 구축이 충분히 이루어지지 않은 상황이다. 현재 지자체 가운데서는 서울시가 대표적으로 PMS를 운영하고 있으며, 다른 지자체에서도 도입이 확대되는 추세다.

서울시의 도로포장 평가지표인 SPI(Seoul Pavement Index)는 균열, 소성변형, 평탄성을 종합하여 0~10점으로 도로 상태를 정량화하며, 점수에 따라 ‘매우 양호 (10~8점: 보수 불필요)’, ‘양호(8~7점: 일상 유지관리)’, ‘보통(7~5점: 예방적 유지관리)’, ‘불량(5~3점: 보수·보강)’, ‘매우 불량(3~0점: 재포장)’ 등으로 세분화하여 체계적인 유지보수 의사결정의 근거로 활용하고 있다. 이를 통해 사후 대응에서 ‘선제적 예방 관리’로 패러다임을 전환한 서울시는 SPI 6.75 이상의 평탄성 유지 전략으로 재포장 주기를 6.6년에서 10년 이상으로 연장하며, 상당한 예산 절감 효과를 거두고 있다. 아울러 ‘서울형 도로포장 표준모델’ 도입으로 포트홀 발생률을 27% 감축시켰으며, 로드스캐너와 GPR 데이터를 결합해 도로 상·하부를 통합 관리하는 고도화된 시스템을 구축했다.

이러한 데이터 기반 관리 체계는 관리 주체별 맞춤형 기준을 제시하며 국가 도로의 내구성 향상을 견인하고 있다. 일반국도 NHPC나 고속도로 HPCI가 노선별 교통 특성을 반영하는 것과 맥을 같이하며, 특히 경기도는 GPCI(경기도 도로포장 상태지수)를 AI 기반 GR-PMS(Gyeonggi-do Road Pavement Management System)와 연계해 방대한 노선의 파손 가능성을 정밀하게 예측하고 있다. 이처럼 각 지자체는 고도화된 지표와 신기술을 결합하여 지역 특성에 최적화된 자산 관리 효율을 극대화하고 있으며, 이는 지속 가능한 도시 인프라 구축의 핵심적인 기술적 토대가 되고 있다.

5. AI 기반 도로포장 상태 평가 시스템

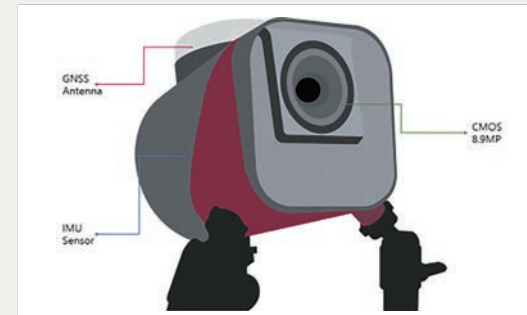
PMS가 효과적으로 작동하기 위해서는 도로 상태를 지속적이고 정확하게 파악할 수 있는 조사 체계가 필수적이다. 그러나 기존의 도로 점검은 조사 인력이 직접 현장을 확인하는 방식에 크게 의존해 왔다. 과거에는 조사 인력이 직접 도로를 점검하는 방식이 일반적이었지만, 이러한 방식은 조사자의 경험에 따라 결과가 달라질 수 있고, 조사 인력 부족이나 안전 문제 등의 한계도 존재한다. 또한 일정한 조사 주기 사이에 발생하는 손상을 즉시 파악하기 어렵다는 문제도 있다.

최근에는 이러한 한계를 해결하기 위해 영상기술과 인공지능(AI)을 활용한 도로포장 상태 평가 시스템이 도입되고 있다. 이 시스템은 일반 차량에 장착한 영상 장치를 통해 도로 상태를 촬영하고, 인공지능이 이를 자동으로 분석하는 방식이다. 기존의 전용 조사 차량은 장비 가격이 수억 원에 달해 지자체나 중소기업이 도입하기 어려웠지만, 최근에는 소형 영상 장치를 차량에 장착하는 방식으로 비용 부담을 크게 낮출 수 있게 되었다. 이러한 시스템은 크게 세 가지 기술로 구성된다.

1) 영상 취득 기술

차량에 장착된 고해상도 카메라를 통해 도로 표면을 촬영하고, 위치 정보(GNSS)와 주행 정보를 함께 수집한다. 이를 통해 도로 상태를 대규모로 효율적으로 조사할 수 있다. 고해상도 영상 장치는 도로 표면을 정밀하게 촬영하고 깊이 정보를 분석할 수 있으며, 터널이나 고가교 하부에서도 정확한 위치 정보를 확보할 수 있다. 일반 차량에 간편하게 장착할 수 있어 비용 효율적으로 대규모 도로 데이터를 수집할 수 있다.

[그림 5] 영상 취득장치(예시)

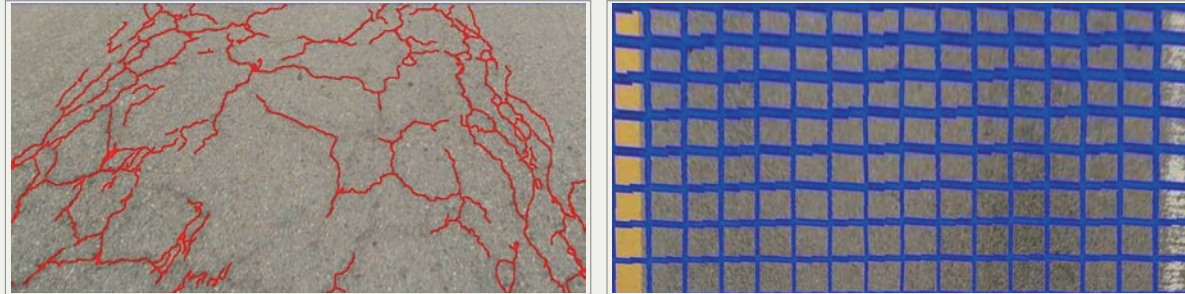


2) AI 기반 균열 자동 검출

촬영된 영상을 인공지능이 분석하여 균열, 포트홀 등 도로 손상을 자동으로 검출한다. 이를 통해 기존의 육안 조사보다 객관적이고 일관된 분석 결과를 얻을 수 있다.

균열 검지 방식은 크게 픽셀 기반 방식과 패치 기반 방식으로 구분된다. 픽셀 기반 방식은 영상의 각 픽셀 단위까지 분석하여 균열의 형상과 분포를 정밀하게 파악하는 데 유리하며, 패치 기반 방식은 영상을 여러 작은 영역으로 나누어 분석함으로써 학습 데이터 확보와 연산 효율성을 높일 수 있다. 이러한 딥러닝 기반 자동 검지 기술은 기존 육안 조사에서 발생할 수 있는 주관성과 편차를 줄이고, 보다 객관적이고 신뢰도 높은 도로 상태 진단을 가능하게 한다.

[그림 6] 균열 검출



(a) 픽셀 기반(Pixel-based) 검출

(b) 패치 기반(Patch-based) 검출

[그림 7] 균열 검출 소프트웨어 인터페이스(예시)



3) 포장 상태 자동 평가

검출된 균열 정보를 바탕으로 도로 상태를 평가하고, 유지보수 시기와 공법을 판단할 수 있도록 지원한다. 이처럼 영상 취득 → 손상 검출 → 상태 평가로 이어지는 자동화된 분석 체계를 통해 기존의 인력 중심 조사 방식보다 비용과 시간을 크게 줄이고 관리 효율을 높일 수 있다.

6. 도로포장 파손모형과 기술적 특성

이와 같이 수집된 도로 상태 데이터는 단순한 현황 파악에 그치지 않고, 포장의 미래 상태를 예측하는 분석 모델 구축에도 활용될 수 있다. 도로포장은 차량 하중, 온도 변화, 강우 등 다양한 환경 요인의 영향을 받으며 시간이 지남에 따라 점차 성능이 저하된다. 이러한 열화 과정

을 분석하고 미래 상태를 예측하기 위해 활용되는 것이 도로포장 파손모형(deterioration model)이다. 파손모형은 도로 상태가 앞으로 어떻게 변화할지를 예측하여 적절한 보수 시기와 공법을 결정하는 데 활용되는 PMS의 핵심 도구이다. 현재 국내에서는 균열률을 주요 포장 상태 지표로 활용하고 있지만, 장기적인 공용 데이터가 충분하지 않아 정교한 예측 모델 구축에는 아직 한계가 있는 상황이다. 효율적인 도로 관리를 위한 포장 상태 예측은 도로 자산 관리의 핵심이다. 일반적으로 포장 파손모형은 데이터 처리 방식과 예측 논리에 따라 다음과 같이 세 가지 방법으로 구분할 수 있다.

1) 결정론적 방법(Deterministic Method)

포장 상태가 시간 경과에 따라 일정한 패턴으로 변화한다고 가정하는 방식으로, 주로 회귀 분석이나 경험적 공식을 통해 열화 과정을 수식화하며, 모형 구조가 단순하고 이해하기 쉬운 전통적인 유지관리 설계에서 널리 활용되어 왔다. 다만, 현장의 복잡한 변수와 불확실성을 모두 반영하기에는 일정 부분 한계가 있다.

2) 확률론적 방법(Probabilistic Method)

재료의 불균질성, 하중 변동성, 환경적 불확실성을 통계적으로 고려하여 상태 변화를 분석하는 접근법이다. 단일 예측값이 아닌 미래 상태로의 '전이 확률'을 산출함으로써, 보다 현실적이고 유연한 예측이 가능하다. 이를 위해 베이지안 추론을 통한 통계적 보정, 상태 변화 경로를 추적하는 마르코프 연쇄(Markov Chain), 파손 시점의 분포를 다루는 해저드 모형(Hazard Model) 등이 주요 도구로 활용되고 있다.

3) 딥러닝 기반 방법

포장 상태 빅데이터를 기반으로 인공지능이 복잡한 비

선형 열화 패턴을 스스로 학습하고 예측하는 최신 기법이다. 인공지능망(ANN)은 교통량, 포장 두께, 기온 등 다각적인 변수를 종합 분석하며, 순환신경망(RNN) 계열은 시간에 따른 시계열적 열화 특성을 정밀하게 반영할 수 있다. 최근에는 영상 처리에 특화된 CNN과 장기(Long-term) 기억 능력이 우수한 LSTM을 결합한 하이브리드 모델이 주목받고 있다. 이는 영상 기반 균열 탐지와 미래 상태 예측을 동시에 수행함으로써, 실시간 진단과 열화 예측을 통합한 '스마트 PMS(Smart Pavement Management System)'의 핵심 기술로 평가받고 있다.

7. 결론 및 전망

노후 인프라 증가, 전문 인력 감소, 기후변화로 인한 열화 가속이라는 복합적 환경 속에서 AI 기반 스마트 도로포장 관리 시스템의 도입은 점차 필수적인 관리 전략으로 자리 잡고 있다. 영상취득장치, 딥러닝 균열 자동 검지, 포장상태 등급 자동 판정의 세 핵심기술이 유기적으로 통합된 시스템은 기존 인력 조사의 한계를 극복하고, 데이터 기반의 예방적 유지관리 체계 구현을 가능하게 한다.

결정론적·확률론적·딥러닝 방법론을 병행 적용하는 다층적 파손모형의 발전은 도로 노선별 열화 패턴을 더욱 정밀하게 예측하고 유지보수 의사결정의 신뢰성을 높이는 방향으로 진화할 것이다. 특히 YOLOv8 기반 실시간 균열 탐지와 LSTM 열화 예측을 결합한 통합 파이프라인은 국내 PMS 고도화의 핵심 동력이 될 것으로 기대된다. 궁극적으로 스마트 도로포장 관리 시스템의 전국 확산은 인프라 수명 연장, 유지관리 예산의 효율적 운용, 그리고 국민의 안전한 도로 이용 환경 조성에 실질적으로 기여할 것이다. 🇰🇷

지속가능한 고속도로 건설을 위한 첫 발걸음: 한국형 포장 및 교량 공종 전과정평가(LCA) 논리 및 분석 플랫폼 개발

— 순환 경제의 건설 분야에 미치는 영향력 및 관련 국제 동향(1부) —

문기훈 | 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원



지속가능한 고속도로 건설을 위해 탄소 중립과 전과정 평가(LCA)의 중요성이 어느 때보다 증대되고 있다. 이번 특집기사는 한국도로공사 도로교통연구원 문기훈 수석연구원의 기고를 통해 고속도로 인프라의 환경적 지속가능성을 확보하기 위한 심도 있는 기사를 제공할 예정이다. '지속가능한 고속도로 건설을 위한 첫 발걸음: 한국형 포장 및 교량 공종 전과정평가(LCA) 논리 및 분석 플랫폼 개발'을 주제로 총 5부 시리즈 연재를 시작한다. 이번 호의 1부 순환 경제의 국제 동향부터 5부 최신 분석 플랫폼(KEC-LCA) 개발 성과까지 순차적으로 조명한다. 특히 한국도로공사 도로교통연구원의 탄소 저감형 건설을 위한 플랫폼의 실무적 적용 가치를 중점적으로 다뤄볼 예정이다.

1. 서론

현재 우리 시대는 기후 변화라는 전례 없는 환경적 도전에 직면해 있으며, 이는 피할 수 없는 인류 생존과 직결 최우선 과제가 되어가고 있다. 지구촌 내 모든 국가에서 이는 그 정치적 성향에 따른 강도의 차이는 분명 존재한다. 하지만, 지속 가능 사회 구축을 위한 노력 및 관련 필요성은 대부분 공감하는 것이 현실이다.

지구 온도 상승을 억제하고 지속 가능 미래의 보장을 위해, 전 세계는 탄소 중립(Carbon Neutrality) 실현을 목표로 대전환을 가속화하고 있다. 상기와 같은 거대한 전환의 흐름 속에서, 대한민국 국가 경제와 사회 활동의 핵심 동맥인 고속도로 인프라 역시 더 이상 시대적 환경 흐름 및 문제에 대해서 자유로울 수는 없다.

고속도로는 수많은 차량의 이동 경로이자 설계, 건설 및 운영 단계에서 대규모 에너지를 소비하는 메트릭스이다. 과거에는 차량 운행으로 인한 이동 부문(Scope 1)만이 주요 고려사항이었다. 현재는 직접 탄소(CO2) 배출은 물론 건설에 사용되는 자재(시멘트, 철근 등) 생산 및 유지보수 전반의 과정에서 발생하는 간접 배출(Scope 2, 3)까지 종합적으로 그 환경학적 영향성을 분석, 평가해야 하는 필요성이 선진국 중심의 국제적 흐름으로 부각되고 있는 것이 사실이다.

고속도로에서 각 주요 공종의 세부 작업과정에서의 탄소(CO2) 배출량을 산정, 평가하며 이의 감축을 위한 노력을 수행함은 단순한 환경학적 Eco-life-chain을 구성하는 차원이 아니다. 이는 미래에도 지속 가능한(Sustainable) 기반 시설로서 고속도로의 역할 및 존재의 필요성을 명확히 제시할 수 있는 근거임과 동시에 국가의 근본적 지속성을 유지할 수 있게 하는 하나의 발걸음이라 볼 수 있다. 고속도로는 일반 국도와는 달리 사용자로부터 요금을 징수하

는 유료도로이다. 즉, 대한민국에서 가장 우수한 품질과 민음직한 서비스를 국민에게 제공해야 하는 의무가 있으며 이와 함께 논리적 지속 가능성을 제시해야 한다는 점이다. 즉, 고속도로는 단순 이동 공간을 넘어서 미래 녹색 교통 네트워크(Green Transportation Network)로서의 존재감을 제시하며 이를 실현해야 하는 시대적 요구 및 사회적 책임에 직접적으로 직면하고 있다고 할 수 있다.

2. 전 세계적 경제관련의 변화 패러다임 (Economy trend transfer)

현재 전 세계적으로 경제의 개념이 변화하고 있다. 과거의 경제 성장 방식은 효율화를 극도로 추구하는 일차원적인 방식이었다(Grwoth priority and efficient Economy). 하지만 지속적인 기후 온난화 및 이와 관련 된 환경 트렌드는 선진국 중심으로 경제 관념의 변화에 대한 첫 번째 필요성을 제시 하였다. 다만, 우리가 알아야 하는 점은 선진국에 언급하는 정의(Justice) 및 평등(Equality)은 그들만의 방식에서 이루어지는 게임이라는 점을 분명히 하고 싶다.

최근 신흥국(중국 및 인도 등)에서는 급속한 공업화, 정보화를 통해 선진국 제조 품질에 준하는 경쟁 제품을 “특별한 환경적 영향에 대한 고려 없이 단순 그들만의 효율성의 극대화에 기반하여” 생산하며 선진국 시장에 가랑비에 옷 젖듯이 침투 하였다. 그리고 이제는 선진국 제조업 기반에 위협을 가하고 있는 것이 현실이다. 즉 고품질의, 우수하며 환경도 보호하여 지구의 지속가능성을 보장하는 제품만이 경쟁력 있게 하려는 선진국만의 변화 된 경제 싸움의 장(場)을 만들고자 함이 불편하지만 그 두 번째 필요성이라 할 수 있다.

이러한 전지구적으로 순환 경제(Circular Economy)의 개념이 이미 단순 선언적 의미를 넘어서 새로운 경제 체계로

서 자리매김하는 상황에서, 건설 부문에서도 순환 자원과 관련한 다양한 노력이 유럽 및 북미 등지에서 이루어지고 있다.

이와 관련된 국제적인 제도적, 정책적 변화가 최근에 구체화되고 있으며, 이러한 변화에 대한 적극적인 대응은 대한민국 건설업의 국제적 경쟁력의 확보 여부를 결정하는데 있어서 필수적이다. 또한 기존의 설계, 시공, 유지관리 분야 국한된 국내 건설시장에서 새로운 비즈니스 영역을 선도 및 개척할 수 있는 새로운 업(業)의 영역 창출 및 방향성을 제시할 수 있을 것이라 생각한다.

이에 고속도로에서 핵심이 되는 포장분야 또한 업(業) 영역의 객관적, 과학적 지속 가능성 확보를 위해 세부 공종별 탄소 배출량 산정, 전과정 평가(LCA: Life Cycle

Assessment) 관련 산정 및 평가 논리의 개발이 그 어느 때보다 필요하다 할 수 있다.

3. 트윈 트랜스포메이션과 순환 경제

최근의 트윈 트랜스포메이션(Twin Transformation), 즉 디지털 전환(Digital Transformation), 녹색 전환(Green Transformation)은 이미 많은 공학 연구의 주요한 주제를 넘어서 산업계의 전반적 흐름이 되고 있다. 특히 우리나라를 포함한 국제사회의 'Net Zero 2050' 선언은 국가나 기업의 전략, 산업 생태계의 변화를 통한 산업 분야 전방위에서의 녹색 전환을 강력하게 요구한다.

순환 경제는 이러한 녹색 전환의 목적을 달성하기 위한 새

로운 경제·산업 체계로서 유럽과 북미를 중심으로 체계화, 가속화 되고 있다. 이런 Net Zero의 실현은 단순히 감축목표를 설정하고 이를 Top-Down 방식으로 강제함으로써 달성되는 것이 아니라, 순환경제와 같은 경제·산업 체계(Business model)에 정착되어 선순환구조를 만드는 Bottom-Up 방식으로 실현이 가능한 것을 그 목표로 삼고 있다.

건설·건물 부문(건설 환경, Built Environment)은 전체 온실가스 배출량의 5~12%를 차지하는 건물 부문과 산업 부문, 수송 부문을 포함하고 있으며, 이는 Net Zero 달성에 주요한 Challenge임과 동시에 전체 폐기물의 약 35%를 발생하는 순환 경제의 대상이다(IEA, 2020). 또한 건설순환 자원은 녹색 전환과 순환 경제의 주요한 축을 이루는 요소로서, 기존의 'Recycling·Reuse'에서 가치와 환경 영향이 고려된 'Circular Economy'로의 전환 대상이라 할 수 있다. 현재 이와 관련한 많은 정책 및 제도의 변화는 유럽과 북미를 중심으로 진행·정착되고 있다. 이미 유럽의 탄소국경조정제(Carbon Border Adjustment Mechanism) 도입, 미국의 인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act) 등의 시행에서 알 수 있는 바와 같이, 위의 변화는 선진국 그들이 주도하는 국제 규범의 변화와 체계 전환으로 늘 그들과 협상·타협을 하면서 전략 방향성을 결정해야 하는 우리에게 산업의 중대 위험 요인이 된다.

4. 우리의 대응 자세 및 전략 설정 방향성

우리에게는 건설 환경에서의 녹색 전환과 관련하여 영향을 미치는 유럽 및 북미의 정책 및 제도 변화를 살펴보고 이를 대응하기 위한 기술 개발과 노력이 매우 필요한 시점이다. 특히 Figure 1과 같이 유럽 'Green Deal'의 목표로

시행되는 여러 법제 및 기준 중에 'Construction Product Regulations(CPR)', 'Green Public Procurement(GPP)', 'Eco-design' 등은 매우 주목할 필요가 있다. 이를 다음장에서 간략히 설명토록 한다.

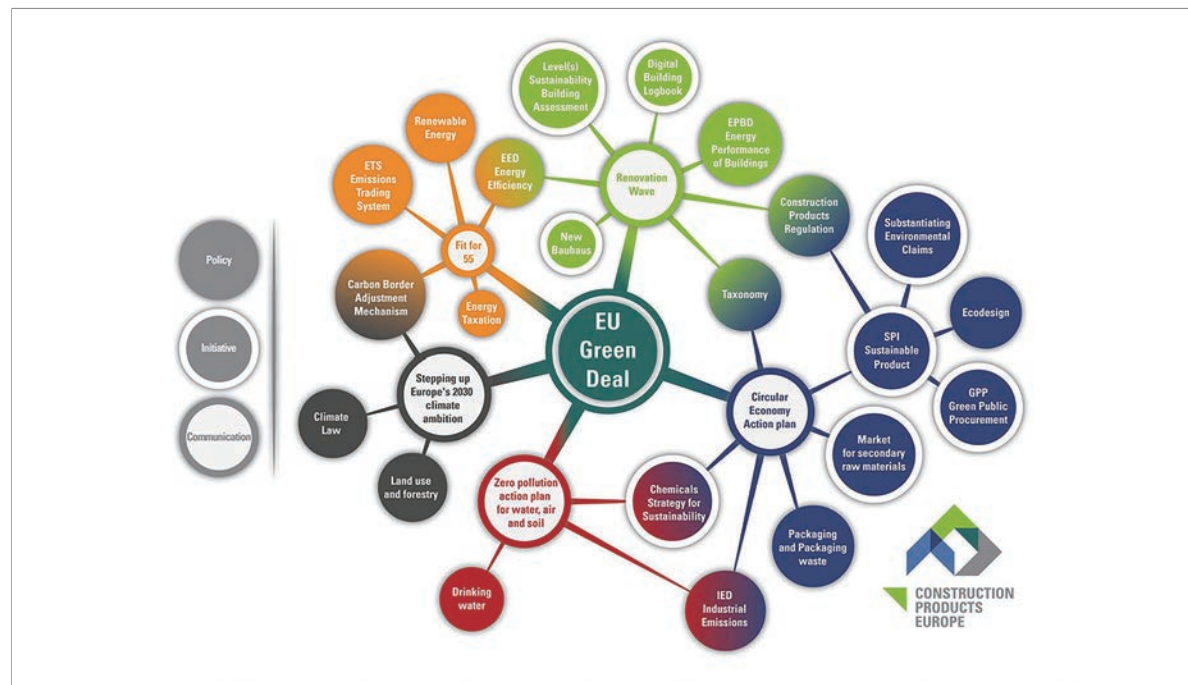
5. EU의 'Construction Product Regulations'와 'Digital Product Passport'

유럽연합은 산업성장과 환경보호를 위한 전략으로 'Green Deal'을 제시하고 있으며, 이를 실행을 위한 수단으로 'New Circular Economy Action Plan', 'Strategy for the Sustainable Built Environment'를 이미 법제화 하였다(European Commission, 2024). 여기서 주목할 내용은 'Construction Product Regulations'에서 건설 자재에 대한 환경 영향(Environment Impacts)을 명문화하고 표기하도록 한 것이다. 다시 말해서 기존 친환경 라벨링 시스템(Eco-labelling) 보다 더 일반화된 체계로서 친환경설계의 확장을 전제로 한 것이며, 이는 환경성적표지(EPD, Environmental Product Declaration)를 포괄하는 것으로 판단된다. 물론 경쟁국(중국, 인도 및 한국)에 대한 무언의 압박도 포함되어 있다.

또한 이의(Environment Impacts, Eco-labelling, EPD) 실질적인 구현을 위한 'Digital Product Passport', 'Digital Building Passport'의 제도를 수립하여 점차 대상을 확대하여 시행하고 있다.

주요 건설자재(순환건설자원 포함)는 천연자원의 사용, 생산 과정의 내재 탄소(Embodied Carbon), 순환성(Circularity, 순환의 용이성, 순환의 반복성 평가) 등을 포함한 디지털 정보를 제공하여야 한다는 그들만의 법(Rule)인 것이다. 여기에서 우리가 주목해야 할 점은 전 과정평가

Figure 1: EU의 'Green Deal' 정책과 관련 제도 및 규범(CPE, 2024)



(Life Cycle Assessment)에 기반한 신뢰성 있는 데이터의 제공이 필요하다는 점이다. 유럽은 이를 위한 플랫폼이 운영을 시작했으며, 데이터 형식의 표준 프로토콜이 이미 정의되어 있다.

북미의 경우에는 EU에 비해 기술적·제도적 준비가 다소 늦으나, 일찍 ‘Buy Clean Act’에 의해 환경성적표지 제도의 건설 분야 활용하도록 규정하고 있다. 건설 사업에 투입되는 주요 건설 자재의 환경성적표지 제출을 의무화하고 발주기관이 그(최저)한계값을 설정하는 체계이다. 이를 통해 건설 환경 가치 사슬(Value Chain) 내의 다양한 이해 당사자가 건설자재의 환경영향을 인식하고 정보를 공유하도록 하는 시스템을 구축하는데 목표가 있다고 할 수 있다 (USA, 2019).

6. Eco-design, GPD: Green Public Procurement 및 전략적 대응 방향

건물 및 인프라 구조물 등과 같은 ‘건설 환경’의 온실가스 배출을 포함한 환경 영향은 대부분 설계와 입찰 과정에서 결정이 된다. 즉 설계와 입찰 과정을 통해 결정되는 재료 및 공법에 의해 사용되는 재료의 영향, 운영 방법의 영향, 유지 및 보수의 영향, 그리고 생애 마지막 단계에서의 재활용 등이 대부분 결정된다는 점이다. 다시 말해서 지속 가능한 ‘건설 환경’의 구현을 위해서는 설계 단계에서 ‘Eco-design’이 실행되어야 하며, 사업의 시행 결정은 ‘GP: Green Procurement’에 의해 실행되어야 한다는 것이다. 앞서 기술된 건설 자재의 ‘Digital Product Passport’는 설

계와 계획 단계에서 친환경 경설계를 위한 충분한 정보가 체계적으로 제공되게 하는 시스템을 구축한 것이다. 그리고 전과정평가(LCA)에 기반한 환경 영향을 정량화하며 생애 주기비용과 결합한 가치를 비교, 평가하게 하는 건설 부문의 ‘GP: Green Procurement’는 사업단계의 실행을 구체화한 것이다(예시는 Figure 2 참조).

7. 지속 가능 고속도로 건설을 위한 제언 (1부를 마치며)

지난 20여년간 해외에서 연구되고 준비된 내용들이 최근에 구체적인 입법이나 제도 수립을 통해 실제화하고 있으며, 이러한 정책 및 제도의 실행이 결국은 EU와 북미에서 숨김없이 드러내는 강력한 산업 경쟁력의 또 다른 재편을 의미한다고 할 수 있다. 예를 들면, 준비되지 않은 제3 세계의 자동차 배터리와 전기자동차가 조정세나 지원금 차별을 현재 받는 것처럼, 준비되지 않은 건설 자재와 관련 공법(기술)은 세계 시장에서 입찰, 설계, 시공 등의 과정에서 막강한 금전적 불이익을 받게 될 것으로 예상 되는 점은 너무 자명하다. 그리고 이러한 변화는 비록 수출을 하지 않는 내수 산업에도 국제적 규범의 준수를 어쩔 수 없이 강요 받게 될 것이다.

새로운 친환경 재료의 발굴과 재활용 기술의 고도화, 그리고 탄소저장포집(CCUS) 기술 등이 순환 경제의 한 축을 담당하는 것은 명확하나, 아울러서 순환 경제와 관련한 분석, 평가기술 및 정책과 제도에 기반한 근본적 시스템 개선의 노력이 국가적으로 매우 필요한 상황으로 인식되고 있다. 이에 건설순환자원의 환경 영향 평가, 순환성 평가, 친환경 설계, 순환건설자재의 디지털 정보화/관리 등과 관련한 기준 개발, 플랫폼 구축, DB 운영 등의 분야에 대한 연구 및 실용화가 새로운 도로 포장 분야에 필요한 중요한 업(業,

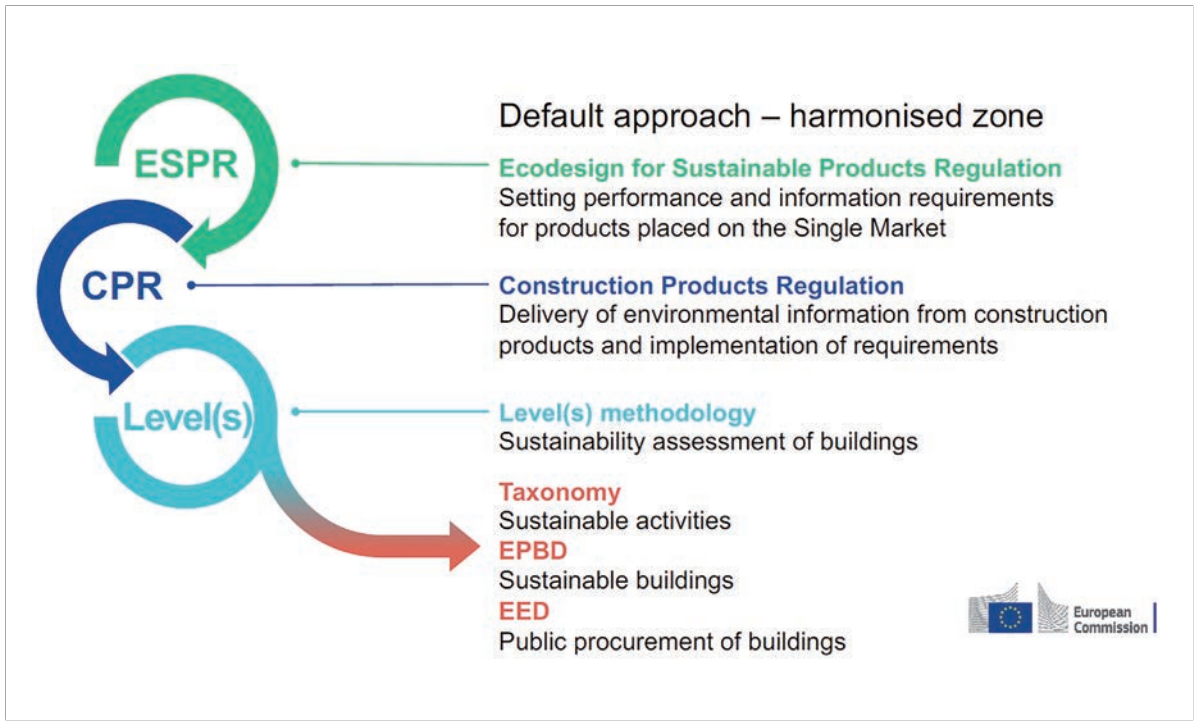
Task)이라 할 수 있다.

이상으로 순환경제의 건설분야 미치는 영향력 및 국제동향에 대한 소개를 간단히 끝내며 다음장에서는 본격적으로 전과정평가(LCA)의 기본 이론 및 고속도로분야 적용 필요성에 대해 언급하도록 하겠다. 

참고 문헌

- IEA, International Energy Agency, Energy Policy Review, 2020.
- Las Frenclund, State of the Construction Product Regulations, Cobuilder, 2024.
- European Commission, COM(2020) 98, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner and more Competitive Europe, 2020.
- European Commission, COM(2022) 144, Laying down harmonized conditions for the marketing of construction products, amending Regulation 2019/1020, 2022
- European Union, Regulations 2024/1781, Establishing a Framework for the Setting of Ecodesign Requirements for Sustainable Products, Amending Directive 2020/1828, 2024.
- USA Federal Government, Federal Sustainability Plan and Executive Order 14057, 2021.

Figure 2: EU의 건설부문의 Ecodesign, CPR과 건물 인증 체계 현황(Las Predenlund, 2024)



온도감응형 노면표시를 적용한 결빙사고 사전 예측 시스템

이병덕 | (주)제일트레이딩 연구소장
권기창 | (주)제일트레이딩 대표이사
공유석 | 한국도로공사 환경연구실 차장

1. 서론

최근 이상기후에 따른 환경변화로 도로 살얼음 발생횟수가 증가하면서 2024년 11월 행정안전부에서는 민·관 합동 ‘겨울철 도로 결빙 교통사고 재난원인조사반’을 구성하고, ‘결빙 교통사고 발생과 피해 확대 원인을 분석하고, 예방 및 대응역량 강화로 인명피해 최소화’를 목표로 4대 분야 14개 중점 추진과제를 확정했다. 한국도로교통공단 교통사고 분석시스템(2023년)에 따르면 근래 5년간 평균(’19~’23) 결

빙 교통사고(3,944건)로 인명 피해(사망 95명, 부상 6,589명), 또한 삼성교통안전문화연구소 보고서(2023년)에 의하면 결빙 교통사고 1건당 평균 재산 피해액은 432만원으로 일반 교통사고 242만원 대비 1.8배 높은 수준으로 지속 발생한다고 조사되었다. 특히, 결빙 교통사고(노면상태가 ‘서리/결빙’인 교통사고)로 인한 교통사고 100건당 사망자수로 나타내는 치사율(2.4)은 결빙 외 교통사고(1.4)에 비해 약 1.7배 높은 것으로 나타났다[표 1].

[표 1] 국내 노면상태별 교통사고 발생현황

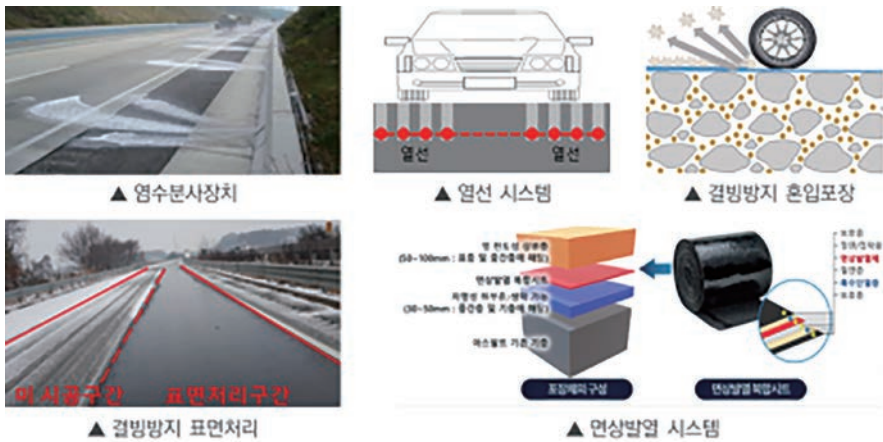
구분		'19	'20	'21	'22	'23	평균
결빙	사고(건)	478	527	1,204	1,042	693	788.8
	사망(명)	24	14	22	23	12	19
	치사율	5.0	2.7	1.8	2.2	1.7	2.4
결빙 외	사고(건)	229,122	209,127	201,926	195,794	197,603	206,714
	사망(명)	3,325	3,067	2,894	2,712	2,539	2,907
	치사율	1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.4

이러한 결빙취약구간의 안전을 확보하기 위해 [표 2]와 같이 다양한 공법(도로열선, 염수분사장치, 표면처리, 융설시스템

등)들을 적용하고 있으나, 유지관리 및 경제성 등의 한계로 인해 제한적으로 적용되고 있는 실정이다.

[표 2] 결빙방지공법 종류 및 특징

공법	특징
염수분사장치	염수살포 시설(설비, 통신 등)의 유지관리가 필요하며, 염화물 영향에 따른 구조물의 손상 및 노후화 발생
열선 시스템	전기열선 매립에 따른 포장손상 가능성이 있으며, 전기료 발생으로 유지관리비 소요
결빙방지 혼입포장	아스팔트 포장(SMA)내에 혼입하여 생산 시공하며, 공용기간에 따른 결빙방지성능이 저하(마모)됨
결빙방지 표면처리	시공이 간단하며 모든 포장형식에 적용 가능하지만, 공용기간에 따른 결빙방지성능 저하(마모) 발생
면상발열 시스템	아스팔트 포장구간에 적용하며, 전기료 발생으로 유지관리비 소요



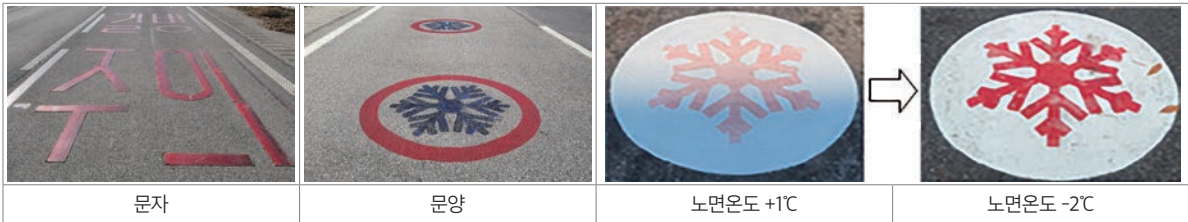
2. 시스템 추진 현황 및 향후 계획

2.1 시스템 개요

본 고에서는 외부의 물리적 또는 화학적 자극에 스스로 반응하여 화학적 성질 및 물리적 형상을 가역적 혹은 비가역적으로 제어할 수 있는 자극 반응 응용 소재 기술인 시온도

료를 이용하여 고속도로 전역 곳곳에 설치되어 있는 관리용 CCTV를 통해 모니터링하고 AI 기술을 활용한 영상분석으로 고속도로 CCTV 관리자 및 운전자에게 노면의 결빙 예측 정보를 제공하기 위한 시스템 개발 현황을 소개하고자 한다.

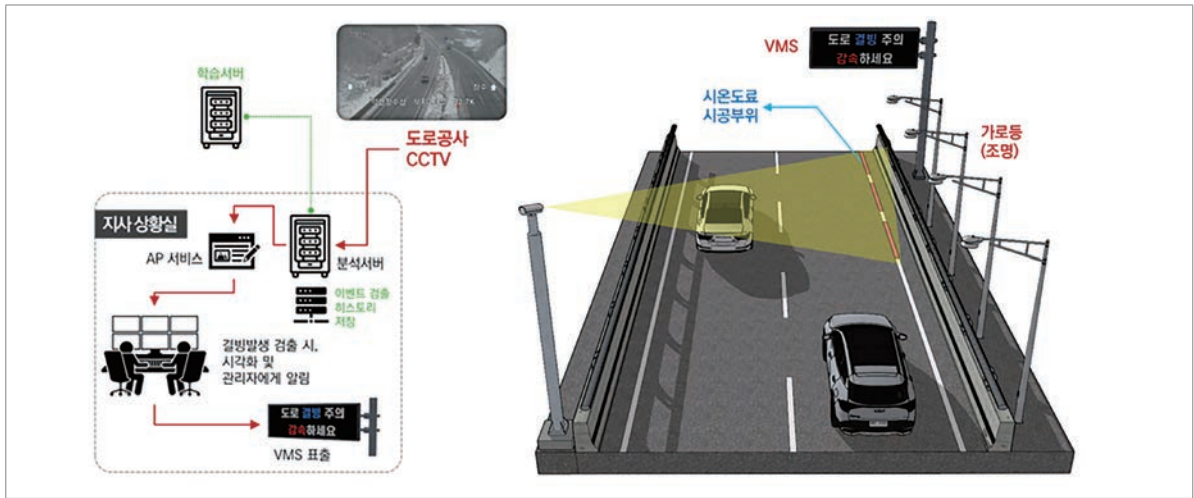
[그림 1] 온도감응형 도로의 노면표시 적용 형태



‘온도감응형 노면표시를 적용한 결빙사고 사전 예측 시스템 구축’은 [그림 2]와 같고, 노면의 온도가 특정 온도 이하로 내려갔을 경우 색상이 변하는 시온도료는 갓길부 차선

에 시공하여 주행 차량의 휠 패스로 인한 내구성 저하를 방지하고자 하였다.

[그림 2] 시스템 개요도



학습서버는 시온도료 색상변화 이벤트 발생 시, 이를 살얼음 예상 상황으로 판정하기 위한 기준을 수립하는 목적이며, 이를 위해서는 AI 솔루션의 학습을 위한 동절기 CCTV 영상 데이터가 필요하다.

CCTV, 가로등, VMS와 같은 기존 고속도로 시설물을 활용하며, CCTV가 촬영한 시온도료 시공부위의 색상 변화에 대해 학습 결과가 장착된 분석서버가 살얼음 예상 상황으로 판정시, 상황실 내 관리자가 이를 인지하고 VMS에 안내하는 프로세스로 구성하였다.

2.2 추진 현황

본 시스템의 개발 및 적용성 검토를 위해 한국도로공사 전북본부 진안지사와의 협업으로 진안지사 관내에 테스트베드를 구축하여 시온도료를 시공하고 지사에 분석서버 및

AI 솔루션을 설치하였다.

테스트베드의 CCTV 영상을 통해 시온도료의 온도감응에 따른 변화에 대해 AI 솔루션의 학습 및 검증을 실시하였다.

① 테스트베드 선정

본 ‘온도감응형 노면표시를 적용한 결빙사고 사전 예측 시스템’ 구축을 위한 테스트베드는 [표 3]과 같이 진안지사에서 제공한 관내 11개소 설치 예상지점 중, 다음과 같은 조건에 따라 검토하여 선정하였다.

- 1) 시온도료 시공 이후 안정적으로 시공위치를 포착할 수 있는 화각 확보 여부
- 2) 육안상 CCTV 화질 우수성
- 3) CCTV 인근 VMS 설치 여부
- 4) CCTV 인근 가로등 설치 여부

[표 3] 온도감응형 노면표지 설치 구간 검토 및 선정

노선명	방향	VMS 이정(km)	CCTV 명칭 /이정	가로등 설치 여부	가로등 야간 운영	CCTV 화질 (육안)
순천 완주선 (5개소)	완주	96.6	용암4터널 / 98.4k	O	O	중
	순천	88	중금교 / 87k	O	O	상
	순천	96.6	슬치터널 / 96.5k	O	O	중
	순천	102.2	죽림3터널 / 101.8k	O	O	하
	순천	116.2	덕진1터널 / 111.5k	O	O	하
완주 장수선 (6개소)	익산	19.6	소양천교 / 18k	O	O	상
	익산	46.2	마이산 졸음쉼터 (장수) / 35k 마이산 졸음쉼터 (익산) / 35k	O	O	중
	장수	25.3	곰티터널 / 27k	O	O	상
	장수	29.8	부귀2터널 / 32.7k	X	X	하
	장수	39.4	방곡터널 / 50.3k	X	X	중
	장수	57.1	장수 / 58k	O	O	중

- 슬치터널(96.5k) : 사이트 내 터널관리사무소가 위치하여 시공 시 안전 및 상시지원 확보 용이
- 곰티터널(27k) : CCTV 화질 최상급이나 교량구간 대한 안전 위험성이 있으며, 상시지원 확보 어려움

[그림 3] 테스트베드 선정 위치



② 시온도료 시공

시온도료는 CCTV 영상 내에서 가장 잘 보일 수 있는 위치에 시공하는 것이 영상분석에 유리하므로 [그림 4]와 같이 현장에서 CCTV를 확인하면서 AI 솔루션이 검지할 수 있는 위치를 선정하였다.

[그림 4] 시온도료 시공위치 선정 절차



이어서 테스트베드로 선택한 구간 내 시공위치에 차선도 색 장비를 이용하여 [그림 5]와 같이 ‘위치 선정(CCTV 고려) ⇒ 베이스 도포 ⇒ 온도감응형 도로 도포’순서로 시공하였다.

[그림 5] 시온도료 시공 과정

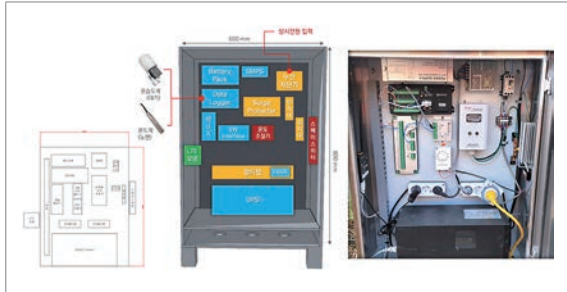


③ 조명 및 계측 시스템 구축

가로등이 없는 구간에서 CCTV 영상의 광량 확보를 위한 조명과 온도감응형 도로 색상변화 시 노면온도 및 대기 온습도 측정을 위한 계측시스템을 설계하였으며, 현장에 설치 후

데이터 수집, 데이터 전송, 조명 전원 공급, 조명 구동 타임 설정(야간) 등을 위한 함체를 다음과 같이 구성하였다.

[그림 6] 조명 및 계측 시스템 함체 설계 및 구성 결과



계측 데이터는 원격으로 수집이 가능하도록 설정하여 매일 자동으로 24시간 측정 데이터를 원격지에서 저장하도록 구성하였다.

[그림 7] 계측데이터 취득 프로세스 및 설치 전경



전술한 내용과 같이 구축된 조명 및 계측 시스템은 [그림 8]과 같이 안전확보 및 상시전원 공급이 가능한 슬리터널 구간에 설치하였다. 조명, 대기 온습도계, 포장면 온도계는 시온도로 시공 위치를 고려하여 설치하고 테스트를 마쳤다.

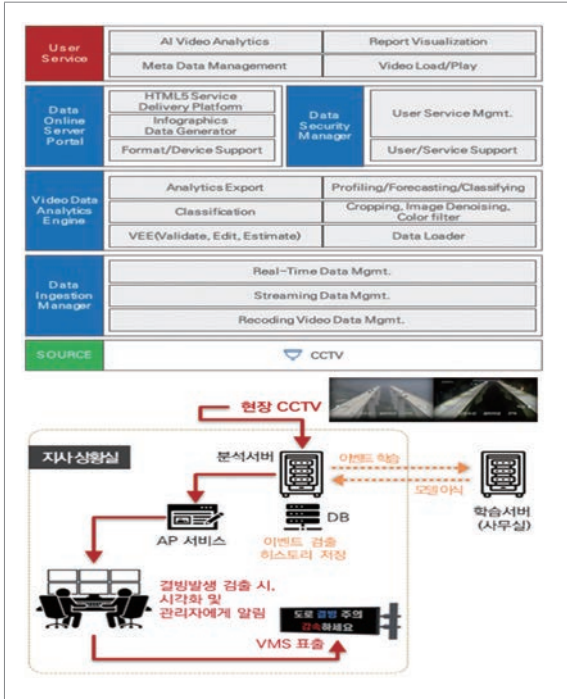
[그림 8] 조명 및 계측 시스템 현장 설치



④ AI 기반 CCTV 영상분석 체계 구축

AI 영상 분석은 현장 CCTV로부터 영상을 취득하여 분석, 결과 도출 등 일련의 과정을 수행하도록 체계를 구축하였으며, 구성 내용은 [그림 9]와 같다.

[그림 9] 영상분석 아키텍처(좌) 및 영상분석 체계 구성도(우)



분석서버는 현장 상황실에 설치되어 CCTV 영상 내 이벤트 검출 및 결과 알림을 수행하며, 학습서버는 분석서버에서 취득되는 영상을 통해 이벤트 여부를 학습하고 학습 결과를 다시 분석서버에 모델 형태로 이식한다.

분석서버는 [그림 10]과 같이 진안지사 서버실에 설치하고, CCTV 영상으로 학습서버가 알고리즘 정립 후, 분석서버에 모델을 이식하는 순서로 진행하였다.

[그림 10] 분석서버 설치 및 CCTV 영상 조회 테스트



⑤ AI 기반 CCTV 영상분석

1) 영상분석 방향 설정

AI 기반 CCTV 영상분석을 위해 영상분석 방향을 [표 4]와 같은 확인사항에 따라 온도감응형 노면표시의 색상변화 구간 식별 및 외부 환경에 대한 변화 정도를 확인할 수 있도록 설정하였다.

[표 4] 영상분석 방향 설정을 위한 확인사항

필수 확인사항	추가 확인사항
- CCTV View에서 소색과 발색 상태에서 도로 변화 식별 여부	- 노이즈(비, 눈, 안개 등)에 대한 견고성 테스트
- 주간 흐림 상태와 햇볕이 내리 쬐는 상태에서의 소색 및 발색 상태에서의 도로 색상 확인	- 계측데이터, 날씨 등 환경 요인 확인
- 야간 일정한 조명이 보장된 상태에서의 소색 및 발색 상태에서의 도로 색상 확인	- 실시간 처리여부 테스트 (솔루션 최종 구현 후)

2) AI 기반 결빙 예측 알고리즘 완성

시온도로 시공 후, CCTV 영상에 대해 '발색(Red) ↔ 소색(Yellow)'에 대한 AI 솔루션 학습을 진행하여 알고리즘을 완성하고, 이를 다시 적용하여 학습 결과에 대한 검증을 수행하였다.

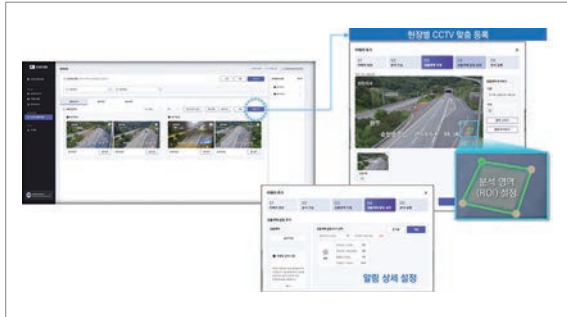
[그림 11] AI 학습 알고리즘 검증



3) AI 학습을 통한 기능 구현

그 다음은 구축한 알고리즘을 AI 솔루션의 기능으로 구현하는 단계로, 분석 영역의 설정, 다수의 현장 관리 기능을 구현하였다.

[그림 12] AI 솔루션 기능 구현



CCTV 영상에서 시온도로 시공 부위를 분석 영역으로 설정하고, 분석 영역에서의 '발색(Red) ↔ 소색(Yellow)' 여부 판단 과정에서 이벤트(발색) 발생 시, 팝업/소리/색상으로 알리도록 설정하였다.

[그림 13] 이벤트 발생 시, 관리자에게 알리기 위한 기능



또한, 관리자가 실시간으로 현장을 감시하기 위해 다수의 CCTV 모니터링 및 즐겨찾기, 이벤트 감지 현황, 이벤트에 대한 통계, 사용자 관리 등의 기능을 구현하였다.

[그림 14] 실시간 CCTV 설정(좌)과 이벤트 발생 현황(우) 메뉴



㉔ 시스템의 현장 적용 및 검증

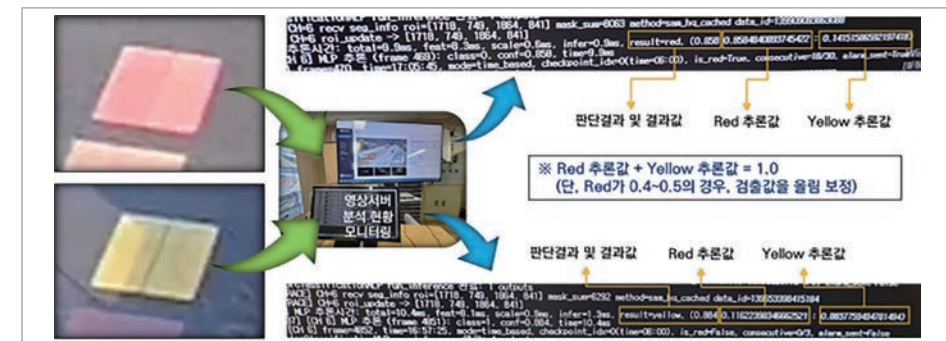
1) 진안지사 CCTV 상황실 내 AI 영상분석 솔루션 셋업 완료된 AI 학습 알고리즘을 진안지사에 설치했던 분석서버에 적용하고, 이를 실시간으로 모니터링하기 위해 진안지사 상황실에 AI 솔루션 관제 체계를 설치하였다.

[그림 15] AI 솔루션 관제 셋업(진안지사 CCTV 상황실)



2) 최종 시공 데이터에 대한 실시간 검증
슬치터널 테스트베드 현장에서 온도감응형 노면표시 변화에 따른 AI 솔루션의 실시간 감지 및 이벤트 알림 성능을 확인하고자 하였으며, [그림 16]과 같이 CCTV 화면의 분석 영역을 실시간 분석 → 분석서버가 학습한 결과를 토대로 Red/Yellow 여부 추론 → 발색/소색에 대한 추론값 기준으로 정상적인 알림 및 로그 이벤트 저장까지 확인 완료하였다.
전술한 상황이 실제 담당자에 관제할 AI 솔루션 구동 화면에서는 실시간으로 결빙이 예측되는 발색(Red) 이벤트 상황 시, 알림 메시지(팝업) 및 경고음을 표출하며, 발생한 이벤트 기록은 10초 단위로 저장되어 이후에도 열람할 수 있다.

[그림 16] 영상서버 분석 log에서의 추론 결과



[그림 17] 실시간 시스템 검증



2.3 향후 계획

본 시스템은 상시 운영 중인 고속도로 CCTV와 온도감응형 도로, AI 기법을 적용하여 신속한 운영이 가능한 '도로 결빙사고 예방을 위한 온도감응형 노면표시 자동감지 시스템 구축'에 대한 가능성을 확인하였다. 도로(노면표시), AI 기법, 운영 측면에서 각각에 대한 추가 연구를 수행하여 본 기술이 다양한 현장에 빠르게 보급될 수 있도록 고도화할 계획이다.

3. 결론

도로에 발생한 살얼음은 적설 상태와 다르게 육안으로 바로 인식이 어려우며, 제설작업 이후에도 발생할 수 있다는 점에서 운전자가 미리 대응하기가 매우 어렵다.

본 고에서 소개한 '온도감응형 노면표시'를 적용한 결빙사고 사전 예측 시스템은 도로 결빙 시점에서 색상이 변하는 온도감응형 도로의 발색 여부를 고속도로 CCTV 영상을 통해 AI 기반으로 판단하고 관리자에게 알리는 전 과정을 구현하였다. 한국도로공사의 인프라와 AI 기술을 접목한 본 시스템은 '신속한 대응'에 초점을 두고 있으며, 이는 동절기 결빙사고를 예방 및 도로 관리자의 업무 효율성 증대를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- 한국도로공사 도로교통연구원(2022), 외부자극 감응 재료 및 통행차량의 특성을 고려한 도로교통 안전 항상 기술 개발
- 한국교통연구원(2021), AI-빅데이터 기반 도로 살얼음(블랙아이스) 진단 및 대응방안
- 국토교통부(2023), 스마트 도로조명 플랫폼 개발 및 실증 연구

알쓸재지
알아두면 쓸모있고
재미있는 지하도로
이야기

Deep Going : Global Underground
Roadways



김영근

(주)건화 R&D센터 부사장
공학박사 / 기술사

알쓸재지*를 시작하면서

*알아두면 쓸모있고 재미있는 지하도로 이야기

최근 들어 도심 공간제약의 문제를 해결할 대안으로 지하 공간을 활용한 지하 도로(Underground Roadway)가 주목받고 있다. 특히 주요 도심 지하 고속도로 건설이나 기존 도로의 지하화와 같은 대규모 프로젝트들이 본격적으로 구체화되고 있다. 본 강좌는 이러한 흐름에 발맞추어 세계 각국의 주요 프로젝트 사례를 바탕으로 지하도로의 핵심 기술 정보를 정리하였다. [알쓸재지 : 알아두면 쓸모있고 재미있는 지하도로 이야기]라는 제목 아래, 지하도로와 관련된 주요 이슈들을 총 10강으로 구성하여 체계적으로 기술하였다.

[알쓸재지 : 알아두면 쓸모있고 재미있는 지하도로 이야기 10강]의 구성과 내용

내 용			핵심 이슈
1	미국 보스턴 BIG DIG 지하도로	침매공법+개착공법	도심지 재생
2	일본 도쿄 외곽순환 지하도로	대단면 TBM 공법	대심도 터널
3	싱가포르 NSC 지하도로	개착공법	도심지 복합공사
4	호주 시드니 West Connex 지하도로	로드헤더 굴착공법	민원/환경 이슈
5	스페인 마드리드 M30 지하도로	TBM 공법	장대 지하고속도로
6	프랑스 파리 A86 지하도로	TBM 공법	장대 지하고속도로
7	말레이시아 쿠알라룸푸르 SMART 터널	TBM 공법	복합기능 목적
8	홍콩 Trunk Road T2 지하도로	TBM 공법	지능형 제어시스템
9	국내 지하도로 현황과 이슈 분석	NATM 공법	도심지 교통솔루션
10	글로벌 지하도로 개발 전망과 과제	복합공법 적용	스마트 AI 기술

제1강 미국 보스턴 BIG DIG 지하도로 프로젝트

The Big Dig – Central Artery/Tunnel Project in Boston

미국 보스턴 Big Dig 프로젝트는 1991년부터 2007년까지 진행된 미국 역사상 가장 비싸고 복잡한 도심 기반시설 재개발 사업이다. 악명 높은 고가도로를 지하화하고 해저터널을 건설하여 도시 교통난을 해소하고, 지상 공간을 공원화하여 도심을 재탄생시킨 성공적 사례이다. 본 프로젝트는 보스턴 다운타운의 노후화된 고가도로(Central Artery)를 지하로 옮기고, 로건 국제공항과 해저 터널로 연결하는 메가 프로젝트로서 만성적인 교통 정체를 해소하고, 하루 20만 대 이상의 차량이 다니던 고가도로를 지하화하여 도심 교통 흐름을 획기적으로 개선하였다. 또한 철거된 고가도로 자리에 ‘로즈 케네디 그린웨이(Rose Kennedy Greenway)’라는 선형 공원을 조성하여 시민 휴식 공간과 보행자 중심의 환경을 제공하였다. 공사 규모는 약 12.5km 규모의 지하 도로 건설로 1,300만 톤의 흙 처리, 철거 및 신설 등 난이도가 매우 높은 토목 공사이다.

본 프로젝트는 단절되었던 도시와 해안가를 연결하고, 주변 지역 개발(부동산 가치 상승)을 유도하여 보스턴의 도시 경관을 획기적으로 향상하였지만, 당초 예상보다 훨씬 길어진 공사 기간과 수십억 달러의 예산 초과로 인해 대규모 토목 사업의 관리 부실 사례로도 자주 언급되었다. 이 프로젝트는 지하 공간 개발을 통해 도심의 문제를 해결한 대표적인 성공 사례로, 현재까지도 전 세계 도시 계획 및 토목 공사의 벤치마킹 대상이 되고 있다.

1. 프로젝트 개요

보스턴의 중앙 간선도로/터널 프로젝트(Central Artery/Tunnel Project, CA/T), 우리에게 Big Dig로 잘 알려진 이 사업은 단순한 도로 건설을 넘어선 도시의 재탄생 과정이었다.

1950년대 건설된 고가도로(Central Artery)는 보스턴 도심을 가로지르며 경제 성장을 견인했지만, 시간이 흐르며 하루 19만 대의 교통량을 감당하지 못해 거대한 주차장으로 변했다. 더욱이 흉물스러운 고가도로는 도심과 아름다운 보스턴 항구(Waterfront)를 물리적으로 단절시키는 장벽이 되었다.

이를 해결하기 위해 보스턴시는 기존 고가도로를 철거하는 동시에 그 바로 아래에 8~10차로의 대규모 지하 도로를 건설하고, 항만 하부를 통과해 공항으로 연결되는 터널을 구축하는 대 계획을 세웠다. 1991년 착공하여 2007년 공식 완공되기까지 약 16년 동안 투입된 연인원은 수만 명에 달하며, 미국 토목 역사상 가장 비싸고 복잡한 프로젝트로 기록되었다.



[그림 1] 보스턴 Big Dig 프로젝트

2. 프로젝트의 주요 특성

■ Urban Regeneration(도시 재생의 정점)

Big Dig은 도시의 흉물이었던 고가 고속도로를 지하화 하여 도시의 맥락을 회복한 현대적 도시 재생의 상징적인 사례이다. 과거 소음과 매연으로 가득했던 고가도로 부지는 약 2.4km 길이의 Rose Kennedy Greenway라는 선형 공원으로 탈바꿈했다. 단절되었던 도심과 바다가 다시 만나며 주변 지가가 상승하고 상권이 부활하는 '도시 봉합'의 전형을 보여주었다.



[그림 2] Urban Regeneration

■ Infrastructure Complexity(복합 인프라의 극치)

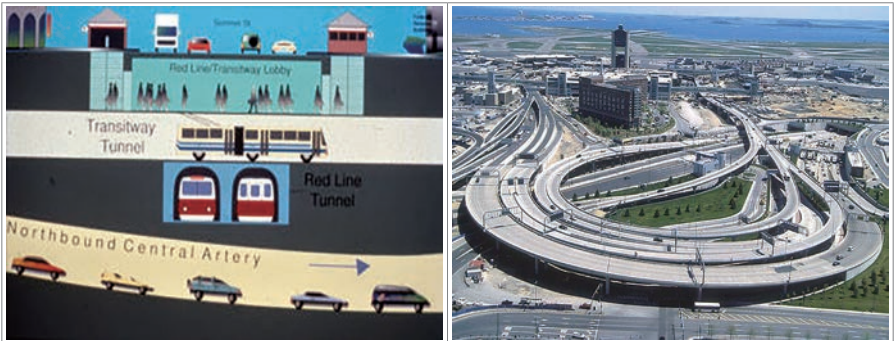
Big Dig은 미국 역사상 가장 거대하고 복잡하며 기술적으로 까다로웠던 도로 프로젝트로 평가받는다. 이 프로젝트는 단순히 터널을 뚫는 수준을 넘어 대도시의 심장부를 정지시키지 않은 채 지하를 완전히 재구성해야 했던 고도의 인프라 복합체였다. 보스턴의 오래된 지장물을 47km 이상 재배치해야 했으며, 운행 중인 3개의 지하철 노선과 수많은 고층 빌딩 아래를 불과 수 미터 간격으로 지나가는 초고난도 공사였다.



[그림 3] Infra structure Complexity

■ Multimodal Connectivity(입체적 교통망 구축)

Big Dig은 단순한 도로 지하화를 넘어 도시의 입체적 연결성(Multimodal Connectivity)을 획기적으로 개선한 사례로 평가받는다. 도심 정체 해소는 기본이며, 보스턴 로건 국제공항으로의 접근성을 획기적으로 개선했다. 또한, 세계 최장 사장교 중 하나인 레너드 P. 자킴 브리지를 통해 도로와 교량, 터널이 유기적으로 결합된 입체 교통망을 완성했다.

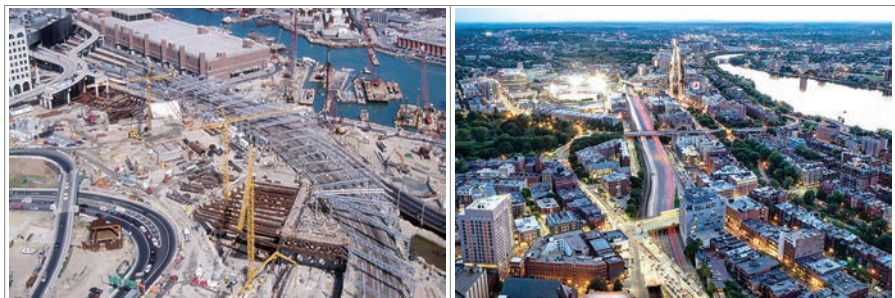


[그림 4] Multimodal Connectivity

■ Mega-Project Scale(대규모 메가 교통인프라 프로젝트)

Big Dig은 미국 역사상 가장 규모가 크고 기술적으로 복잡하며 비용이 많이 든 도시 도로 건설 사업이다. 투입된 콘크리트 양만 290만 m³에 달하며, 굴착된 토사량은 축구장을 15m

높이를 쌓았을 때 수백 개를 채울 수 있는 양이었다. 이는 단일 프로젝트로서 경제적, 사회적 파급력이 국가적 수준이었음을 의미한다. 이 프로젝트는 현재까지도 대규모 인프라 사업의 비용 관리 실패 사례이자, 동시에 고도의 공학적 성취를 보여 주는 대표적인 메가 프로젝트로 꼽힌다.



[그림 5] Mega-Project Scale

3. 지하공사 핵심 기술

■ Slurry Wall Innovation(영구 벽체로서의 슬러리 월)

인접 건물의 침하를 방지하기 위해 대규모 Slurry Wall 공법을 적용하여 토목 공학의 혁신을 이루었다. 특히, 가시설로 설치한 Slurry Wall을 터널 본체의 영구 벽체로 활용하는 ‘Post-tensioned Slurry Wall’ 기술을 적극 도입하여 공기를 단축하고 구조적 안정성을 극대화했으며, 이 기술은 대규모 도심 지하화 프로젝트의 표준 모델이 되었으며, FHWA 등을 통해 다양한 기술 전파가 이루어졌다.



[그림 6] Slurry Wall Innovation

■ Ground Freezing(지반동결공법의 신기원)

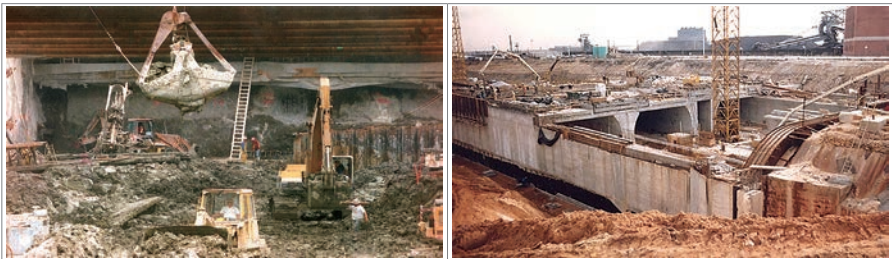
지반 동결공법(Ground Freezing)은 Fort Point Channel 아래에 터널을 건설하기 위해 사용된 혁신적인 공법으로 South Station 하부를 지날 때, 상부 지하철과 철도 노선의 침하를 ‘제로’에 가깝게 제어해야 했다. 이를 위해 지반에 수천 개의 파이프를 박고 냉매를 순환시켜 지반을 얼린 후 굴착하는 공법을 적용, 단 한 차례의 운행 중단 없이 통과했다.



[그림 7] Ground Freezing

■ Advanced Tunnel Jacking(초대형 터널 재킹)

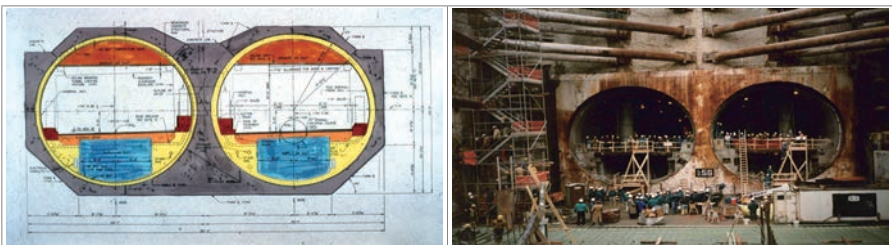
Tunnel Jacking은 세계 최대 규모이자 가장 복잡한 공학적 시도로, 이 공법은 지상 교통을 중단하지 않고 대형 콘크리트 터널 박스를 지반 아래로 밀어 넣는 방식이다. 90번 고속도로 연장 구간에서는 철도 선로 하부로 거대한 콘크리트 박스(길이 약 115m)를 유압잭으로 밀어넣어 선로의 미세한 변위까지 실시간으로 계측하며 정밀 시공을 달성한 사례이다.



[그림 8] Advanced Tunnel Jacking

■ Steel-Shell Immersed Tubes(강재 침매터널 공법)

Ted Williams Tunnel 건설에 강철 쉘 침매 튜브(Steel-Shell Immersed Tubes) 공법이 핵심적으로 사용되었다. 본 터널은 I-90 고속도로를 로건 국제공항까지 연장하는 약 2.6km 길이의 터널로, 이 중 약 0.75마일 구간이 12개의 침매 튜브로 구성되었다. 거대한 강재 함체를 바다 위에 띄워 운반한 후, 정확한 위치에 침설시켜 연결했다. 해저 지반의 불균일한 침하와 강력한 조류를 극복하기 위한 고도의 해상 제어기술이 투입되었다.

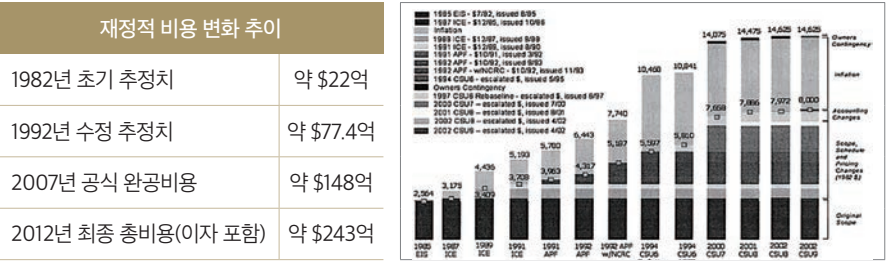


[그림 9] Steel-Shell Immersed Tubes

4. 주요 이슈사항

■ Financial Escalation(공사비 폭증)

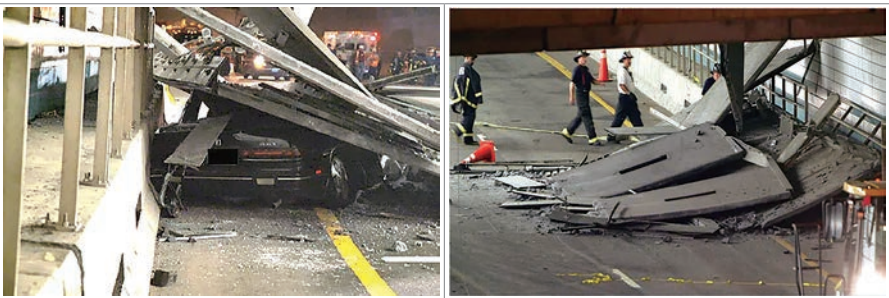
Big Dig 프로젝트는 미국 역사상 가장 극적인 재정적 비용 상승을 기록한 공공사업 중 하나이다. 초기 28억 달러였던 예산은 공기 연장과 설계 변경을 거치며 146억 달러(이자 포함 시 240억 달러 초과)로 1000% 가까운 최종 비용 증가를 가져왔다. 이는 단순한 예산 오차를 넘어 여러 구조적, 환경적 요인이 복합적으로 작용한 것으로 공공 프로젝트의 예산 관리체계에 문제점을 알리는 계기가 되었다.



[그림 10] Financial Escalation

■ The 2006 Ceiling Collapse(천장 붕락 사고)

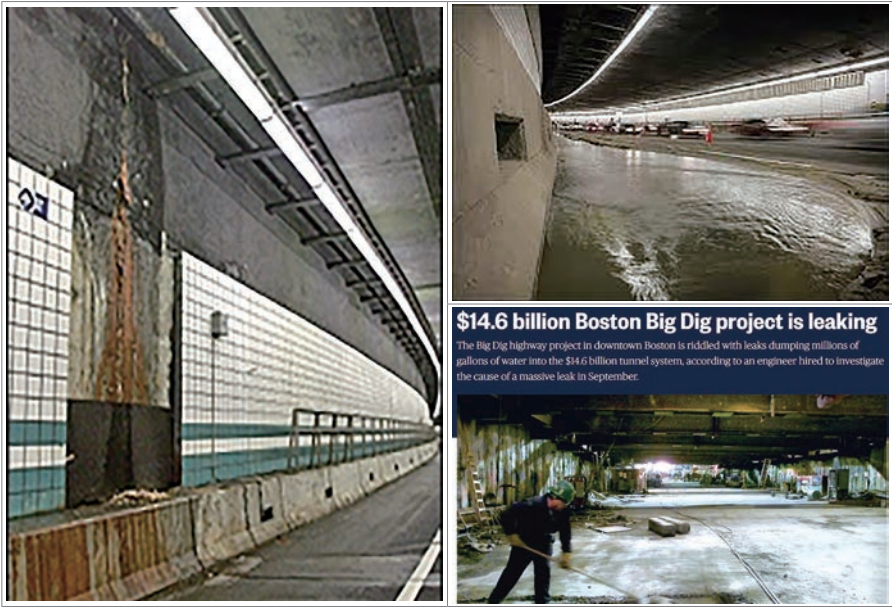
완공 직전 2006년 7월 10일에 터널 천장의 콘크리트 패널이 떨어져 인명 사고가 발생했다. 조사 결과, 천장을 지지하던 에폭시 앵커의 장기 하중 설계 오류와 시공 불량에 원인으로 밝혀져 큰 충격을 주었다. 이 사고는 공공 인프라 건설에서 재료 선택의 중요성과 장기적인 유지 보수/검사의 필수성을 일깨워 준 대표적인 공학적 실패 사례로 기록되고 있다.



[그림 11] The 2006 Ceiling Collapse

■ Extensive Water Leaks(지속적인 누수)

Big Dig 프로젝트는 수백 건의 심각한 누수 사고를 겪었으며, 이러한 문제는 2001년부터 발생하여 2004~2005년 초기 완공 이후에도 계속되었다. 분당 300갤런에 달하는 상당한 양의 지하수가 분출되는 것을 포함하여 이러한 누수는 불량한 슬러리 벽, 저품질 콘크리트 및 방수 실패로 인해 발생한 것으로 광범위하고 장기적인 보수가 요구되었다.



[그림 12] Extensive Water Leaks

■ Political & Public Distrust(신뢰의 위기)

대규모 인프라에 대한 정치적, 대중적 신뢰가 무너지는 현상을 보여 주는 대표적인 사례로 널리 알려져 있다. 반복되는 예산 증액과 안전사고는 'Big Dig'를 '빅 픽(Big Pig, 돈 먹는 하마)'이라 비꼬는 여론을 형성했고, 이는 엔지니어링 집단에 대한 사회적 신뢰 문제로 번졌다. 해당 프로젝트의 관리 문제로 인한 Big Dig 증후군은 공무원들이 새로운 메가 프로젝트에 대한 지지를 얻는 것을 훨씬 더 어렵게 만들었다.

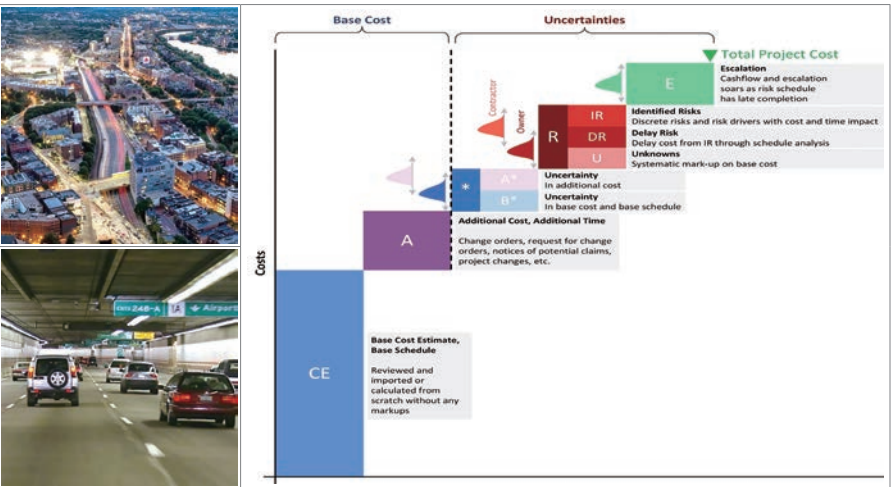


[그림 13] Political & Public Distrust

5. 교훈 (Lessons Learned)

■ Rigorous Risk Management(선제적 리스크 관리)

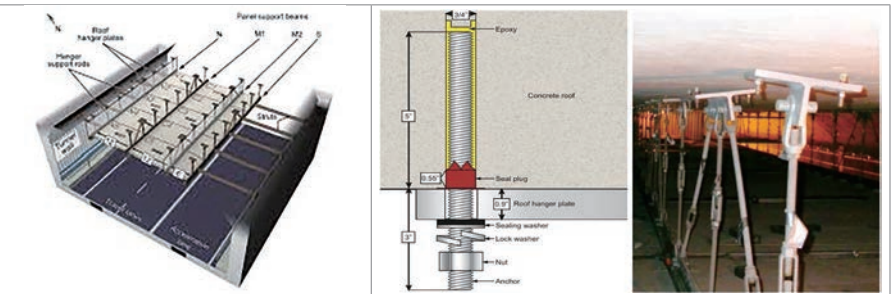
Big Dig 프로젝트는 미국 역사상 가장 복잡하고 비용이 많이 든 프로젝트로, 리스크 관리 측면에서 많은 교훈을 남겼다. 도심지 도심도 공사에서 '불확실성'은 상수가 아닌 변수이다. 예산과 공기를 산정할 때 결정론적 방식이 아닌 확률론적 리스크 분석이 반드시 수반되어야 함을 증명했다. 메가 프로젝트는 초기 단계에서부터 강력한 지배 구조와 투명한 리스크 평가 체계를 갖춰야 한다.



[그림 14] Rigorous Risk Management

■ Safety-Critical QA/QC(안전 중심 품질 관리)

Big Dig 프로젝트는 미국 역사상 가장 복잡한 도로 공사였으나, 동시에 안전 중심의 품질 관리 실패 사례이다. 특히 에폭시 앵커 사례는 아무리 작은 부품이라도 구조적 안전과 직결된다면 독립적인 검증과 장기 거동 테스트가 필수적임을 교훈으로 남겼다. 메가 프로젝트에서 설계 명세 준수 확인, 자재 품질에 대한 엄격한 검증, 현장의 안전 경고에 대한 즉각적인 대응이 얼마나 중요한지를 보여 준다.



[그림 15] Safety-Critical QA/QC

■ Data-Driven Decision Making(데이터 기반 의사결정)

보스턴의 복잡한 지하 인프라를 보호하기 위해 40km에 달하는 유틸리티 라인을 이전하는 과정에서 최신 애플리케이션과 데이터를 활용했다. 이를 통해 1996년에서 2000년 사이 유틸리티 손상을 86% 감소시켰으며 약 5,000만 달러의 비용을 절감했다. 또한 수만 개의 센서를 이용한 지반 계측데이터가 어떻게 공사 중 사고를 예방하고 공법을 최적화하는지 보여준 데이터 엔지니어링의 시초였다.



[그림 16] Data-Driven Decision Making

■ Stakeholder Collaboration(통합적 협업 체계)

Big Dig 프로젝트는 메가 프로젝트에서 이해관계자 관리와 신뢰 유지가 얼마나 중요한지를 보여주는 사례이다. 발주처, 설계사, 시공사 간의 유기적인 협력을 넘어, 시민들과 투명하게 정보를 공유하고 불편을 관리하는 '사회적 엔지니어링'의 중요성을 일깨워주었다. 특히 Partnering 프로그램은 발주처와 시공사 간의 적대적 관계를 해소하고 공동의 목표를 설정하여 분쟁을 줄이는 데 기여했다. 전례 없는 안전 프로그램과 통합 감사 시스템을 통해 비용 초과와 지연을 모니터링하고, 소송 비용을 피하기 위한 분쟁 해결 절차를 수립했다.



[그림 17] Stakeholder Collaboration

6. 핵심 정리

보스턴 Big Dig 프로젝트는 건설 과정에서의 수많은 시행착오를 통해 전 세계 대도시 대심도 지하화 사업의 기술적 가이드라인을 정립했다. 우리가 주목해야 할 본 프로젝트의 실질적인 내용은 다음과 같다.

① 지질 불확실성 대응: 하이브리드 지반 제어 기술의 고도화

Big Dig 프로젝트는 초연약지반부터 암반에 이르기까지 변화무쌍한 보스턴의 지질 조건에 대응하기 위해 다양한 공법을 복합적으로 운용했다.

- 가설재의 구조화: Slurry Wall을 단순 가설재가 아닌 영구 구조체(Permanent Structure)로 활용하는 설계법을 표준화하여, 도심지 협소 공간에서의 단면 효율성을 극대화하는 ‘하이브리드 토류벽 설계’의 기틀을 마련했다.
- 비배수 터널 기술: 해수면 하부 굴착 시 발생하는 고수압에 대응하기 위해 지반 동결(Ground Freezing)과 고압 그라우팅을 병행하는 정밀 차수 공법은 현재 국내외 대심도 해저·하저 터널 설계의 핵심 참고 자료가 되고 있다.

② 안전 및 품질 관리의 패러다임 전환: 독립적 검증 체계(IV&V)의 도입

2006년 발생한 천장 붕락 사고는 전 세계 터널 엔지니어들에게 미세 부자재의 중요성을 각인시킨 뼈아픈 유산이었다.

- 앵커 설계 표준의 재정립: 사고 이후 AASHTO(미국도로교통협회) 등에서는 에폭시 앵커 등 접착식 앵커의 크리프(Creep) 시험과 장기 하중 설계 기준을 대폭 강화했다.
- 독립적 검증(Independent Verification & Validation): 시공사 자체 검수를 넘어, 구조 안전과 직결된 주요 공정에 대해서는 제3의 전문 기관이 검증하는 IV&V 체계가 의무화되는 결정적 계기가 되었다.

③ 메가 프로젝트 관리(MPM) 기법의 진화: 확률론적 예산 및 리스크 관리

천문학적인 공사비 증액(Cost Overrun)은 발주처와 엔지니어링사에게 사업 관리의 새로운 방향을 제시했다.

☞ CEVP(Cost Estimate Validation Process): 기존의 확정론적 예산 산정 방식에서 탈피하여, 리스크 요인을 확률(Monte Carlo Simulation 등)로 분석하여 예비비(Contingency)를 산정하는 기법이 이 프로젝트 이후 본격적으로 도입되었다.

- 공공 지불 시스템의 변화: 설계 변경과 지반 조건의 변화에 따른 비용 분담 모델이 정교화되었으며, 이는 현재의 대규모 민관협력사업(PPP)이나 턴키(Turn-key) 계약의 리스크 분담 구조에 큰 영향을 미쳤다.

④ 지속 가능한 도시 인프라(UUS)의 모델 제시: 융복합 엔지니어링

Big Dig 프로젝트는 지하도로가 단순한 교통 시설이 아닌 도시 재생의 핵심 엔진임을 증명했다.

- LCA(생애 주기 평가) 기반 설계: 건설 단계의 탄소 배출과 완공 후 지상의 녹지화에 따른 환경 이득을 종합적으로 고려하는 지속 가능 설계(Sustainable Design)의 초기 모델을 제시했다.
- 인프라의 다기능화: 터널 내 환기 시스템, 지상 공원의 배수 기능, 주변 빌딩과의 지하 연결성 등을 통합 관리하는 지하공간 통합 플랫폼의 개념을 실현하여 도시 가치를 극대화했다.

제1강을 마치면서 - Big Dig 프로젝트로부터 배운다.

Big Dig 프로젝트는 단순히 ‘역대 최악의 공사비 초과’나 ‘사고가 잦았던 난공사’로만 기억되어서는 안 될 것이다. 엔지니어들에게 이 프로젝트는 지하공간 개발의 기술적 한계가 어디까지인가를 극명하게 보여 준 사례이며, 동시에 아주 사소한 기술적 결함이 어떻게 사회적 신뢰를 무너뜨릴 수 있는지를 가르쳐 준 인프라 역사상 가장 가치 있는 ‘실패의 기록’이기도 하기 때문이다.

우리는 Big Dig이 남긴 데이터화된 실패와 성공을 밑거름 삼아야 한다. 이를 통해 현재 우리가 진행 중인 대심도 프로젝트들에서 더욱 안전하고 경제적인 최적의 솔루션을 찾아내는 것이 우리 엔지니어들의 숙명이다.

지하를 파는 행위는 단순히 땅을 파내는 토목 공사가 아니다. 그것은 도시의 새로운 미래를 조각하는 창조적 행위이다. 기술적 정교함(Precision)이라는 기초 위에 사회적 가치(Value)라는 영혼을 불어넣을 때, 비로소 엔지니어링은 단순한 기술을 넘어 ‘기술의 경지’에 도달할 수 있다. 우리가 설계하는 다음 세대의 지하도로는 시민들에게 가장 안전하고 쾌적하며 지속 가능한 도시의 새로운 대동맥이 될 것임을 확신한다. 🇰🇷

그·날·의·도·로

바다 위를 가로지르는 부산의 자부심,

광안대교



부산의 지도를 바꾼 국내 최대의 해상 복층 교량

부산광역시 남구 대연동 49호 광장과 해운대구 우동 센텀 시티(올림픽교차로)를 연결하는 광안대교는 명실상부한 부산의 랜드마크이다. 공식 명칭은 광안대교이며, '다이아몬드 브릿지'라는 영문 애칭으로도 잘 알려져 있다. 총연장 7.42km, 폭원 18~25m 규모의 왕복 8차로 복층 교량으로 건설되었으며, 전 구간이 자동차 전용도로로 지정되어 제한 속도 80km/h로 운영되고 있다. 1994년 12월 착공하여 약 8년간의 공사 끝에 2002년 12월 준공되었고, 2003년 1월 6일 정식 개통되었다.

도심 정체 해소와 미래를 내다본 '신의 한 수'

1990년대 부산은 수영로를 비롯한 도심 간선도로의 만성적인 교통 체증으로 몸살을 앓고 있었다. 이에 항만 물동량의 원활한 수송과 동부산권의 개발에 따른 교통량 증가를 해결하기 위해 광안대교 건설이 추진되었다. 초기 계획은 왕복 4차로의 단층 콘크리트 다리였으나, 향후 해운대 신시가지와 기장 일대의 발전을 예견하여 복층 구조의 8차로 현수교로 설계를 변경했다. 이는 오늘날 폭증한 교통량을 감당하게 한 결정적인 선택으로 평가받으며, 부산항 화물을 경부고속도로와 신속히 연결해 물류 비용을 절감하는 핵심 축이 되었다.

갈매기의 날갯짓을 형상화한 공학적 조형미(美)

광안대교는 중앙부 900m의 현수교와 720m의 트러스교, 5,800m의 접속교로 구성되어 있다. 사장교가 아닌 현수교 공법을 채택한 이유는 부산의 상징인 갈매기의 날갯짓과 파도의 곡선을 이미지화하여 광안리 해변의 경관과 조화를 이루기 위해서다. 공학적으로는 리히터 규모 6~7의 강진에도 견딜 수 있는 내진 1등급 설계가 적용되었으며, 초속 45m의 강풍과 7m의 파도에도 견딜 수 있도록 견고하게 건설되었다. 특히 10만 가지 이상의 색상을 연출하는 첨단 경관 조명은 밤마다 부산 바다를 화려하게 수놓으며 해상 관광의 활력을 높이고 있다.



물류의 동맥을 넘어 세계적인 문화의 장으로

광안대교는 단순한 도로의 기능을 넘어 부산의 경제와 문화를 선도하고 있다. 개통 이후 수영로와 해운대 지역의 교통 체증이 획기적으로 개선되었으며, 센텀시티의 기능을 극대화하는 촉매제가 되었다. 또한 매년 개최되는 부산불꽃축제의 주 무대이자 영화 '블랙 팬서' 등 수많은 대중매체의 배경으로 등장하며 전 세계에 부산을 알리는 일등 공신이 되었다. '가보고 싶은 아름다운 곳'으로 선정될 만큼 높은 위상을 가진 광안대교는 오늘도 부산 시민들에게 자부심과 낭만을 선사하고 있다.

물류의 혈맥이자 예술적 랜드마크인 광안대교는 앞으로도 부산의 빛나는 미래를 환하게 밝혀 주는 '다이아몬드 브릿지'로서 우리 곁에 영원히 함께할 것이다.

출처 및 참고자료 한국민족문화대백과사전, 부산시설공단, 부산광역시

탄생부터 중년까지, 강물 따라 출렁거린 잠수교

이영천 | 작가



1976년 7월에 준공된 잠수교. 한강은 준설 중이고 강남 아파트는 보이지 않는다. ©서울역사박물관

잠수교는 시민 편의에서 탄생한 다리가 아니다. 한강을 통제·관리·지배공간으로 여겼던 시대의 산물이자, 당시 권력의 인식이 만들어낸 다리다. 군사적인 필요와 구상에서 출발했다. 군란으로 권력을 잡은 정권이라선 지 늘 전쟁을 염두에 두었고, 과도한 우려와 위협에 사로잡혔었다. 이런 인식을 발판으로 서울을 개발했다 해도 과언이 아니다. 한국전쟁의 실수도 잊지 않았을 것이다. 개전 초, 한강철교·한강대교·광진교를 폭파했던 ‘실패한 작전’에 스스로 포로였음이 분명하다.

잠수교는 최대로 간소화한 교량이다. 건설의 시급성과 부족한 예산도 고려 요소였겠지만, 무엇보다 폭격에 파괴되어도 신속한 복구가 가능한 구조여야 했다. 이게 가장 두드러진 특성이다. 수면에 바짝 붙은 저위 구조, 홍수 시 침수를 감수한 수월교(水越橋)로 경간은 고작 30m였다. 양옆의 안전 난간마저 생략해버린, 단순 형식이다. 그랬으니 미관이나 상징성을 고려할 까닭이나 있었을까.

이런 제원은 도시발달이나 시민의 생활 인프라라기보다, 즉흥적인 상황 대응형 군사시설에 가까웠다. 최우선으로 용산 주둔 미군을 고려했음 직하다. 잠수교가 놓인 위치가 이를 설명하는 증언자다. 유사시 미군이 한강 이남으로 가장 빨리 후퇴 가능한 축선 상에 놓였다. 이 교량을 순수한 교통편의 시설로 보기 어려운 이유다. 다만, 강북 여기저기 흩어져 있던 고속버스 터미널을 어렵사리 한군데로 모아 반포로 이전한 게 명분이라면 하나의 명분일 뿐이다. 잠수교는 도시가 강을 건너기 전에, 권력의 염려가 먼저 강을 건너려고 만든 구조물이라 할 수 있다.



1982년 6월에 준공된 반포대교. 한강엔 준설 흔적이, 남쪽에서 바라본 남산이 선명하다. ©서울역사박물관

상부에 얹힌 또 다른 다리

1980년대 서울은, 인구보다 자동차 증가세가 가파른 도시였다. 1986년 50만대에서 1990년 100만대로 증가한다. 더불어 철도와 버스의 대중교통체계에서 자동차 위주의 도로교통 체계로 급격히 재편된다. 시시비비의 문제가 아니다. 도시의 주된 교통수단을 무엇으로 재편하느냐였다. 많은 도시문제가 예견되었음에도 서울은 자동차 중심의 도로교통 체계를 선택했다. 그만큼 도시가 급격히 팽창해 왔다. 문제는 체증이다. 제아무리 도로를 공급한다 해도 교통체증 해결은 요원하다는 점이다. 나중 ‘수요관리’라는 교통공학 도구를 그래서 도입한다.

이런 체계로의 전환이 자연스러운 과정은 아니었다. 도시행정과 건설사, 자동차회사가 유도해낸 측면도 간과할 수 없다. 교량은 풍경과 사람, 지역을 잇는 편리가

아니라 자동차 교통처리시설로 변모하였다. 이런 시각에서 잠수교는 한계가 농후했다. 오히려 도로교통 방해 시설에 가까웠다. 물에 잠길 수 있는 교량은 결코 간선이 될 수 없었다. 그나마 쓸모는 있었을까. 살아남은 게 용하다. 해결 방식이 상징적이다. 없애지 않고 넓히고 덮었다. 예기치 못한 도시팽창에 당황했을까. 군사 목적으로 놓인 교량의 효용이 도시팽창으로 급격히 한계에 도달했다.

1982년 반포대교가 상부에 얹힌다. 낮고 단순하던 잠수교가 가려진다. 반포대교 연결로가 여러 가닥으로 뻗어간다. 대량의 교통량으로 반포대교는 번잡하기만 하다. 잠수교는 그늘로 내려앉는다. 기술 개선이 아니다. 교량에 위계가 지워지는 장면이다. 군사형 토목 구조물 위에 팽창하는 도로교통 체계가 올라탄 순간이다. 물리적 변형이자 강제된 위계다. 사라지지는 않았지만, 잠수교가 전면에서 물러나 보조 시설로 전락한다.

‘보여 주는 무대’가 된 한강

잠수교가 들어선 1976년의 한강을 그려본다. 곳곳에 제방이 쌓여 매립이 이뤄지고, 제방 위로 도로가 생겨난다. 금빛 모래에 하얀 갈매기 날아들던 백사장이 급격히 준설되어 사라지는 중이다. 쌓인 제방으로 규격화한 강폭에, 한강은 마치 성형외과를 갓 나온 여인의 얼굴 같다. 여기저기 아파트가 한강을 가려 키재기하고, 굴착기와 덤프트럭이 한강을 제집처럼 누비고 있다. 이른바 1960~70년대 「한강 개발」의 실체다.

1980년대 권력은, 한강을 아직 덜 성형된 여인으로 보았음이 분명하다. 아시안게임과 올림픽을 명분으로 대대적으로 메스를 가한다. 이른바 「한강종합개발사업」은 한강의 면모와 성격을 근본적으로 뒤바꿔 버린다. 제방 위 강변도로가 도시고속도로로 변해, 강으로 접근을 차단한다. 잠실·신곡수중보로 수위를 묶고, 대규모 준설을 강행한다. 모래 대신 맨땅이 둔치를 채운다.

하수처리장을 만든 건 그나마 성과일까. 흐르던 한강이, 갇힌 호수로 전락한다. 즐기고 적시는 강물에서, 먼 발치로 지나며 쳐다보는 강물로 변신한다. 과정에서 재원 조달과 집행 방식, 자원 처리 문제 등을 둘러싸고 수많은 비판이 제기된다. 그러나 군사 정권에게 재갈이 물리고 만다. 그나마 남은 모래를 파내 공사비 1,962억을 충당했다. 당시에도 정권의 행태에 각종 의혹이 꼬리에 꼬리를 물었다.

정권으로선 시민의 눈과 귀를 가릴 명분이 필요했다. 이미지 하나가 제시된다. 한강 유람선과 수상 관광이다. 콘크리트로 규격화한 강의 얼굴은 뒤로 감춰진다. 건전가요(?)로 포장된, 유람선 떠다니는 한강 풍경이 새 얼굴로 등장한다. 이 연출에 충실한 배우 역할을 맡아야 했던 한강에 유일한 걸림돌 하나가 있었으니, 바로 잠수교다. 유람선이 지나갈 ‘형하교(衡下高)’가 문제였다. 처음 만들 당시 빈도가 낮은 배의 통과를 위해 경간 30m의 상판 2곳을 기계를 써서 들어 올리던 ‘승개



한강 유람선이 통과 가능한 형하교를 확보하려, 잠수교 중단선형이 아치형으로 높아졌다. ©이영천

(昇開) 장치’와는 차원이 달랐다. 여하한 유람선이 통과 할 높이가 필요했다. 잠수교의 종단선형이 그래서 바뀐 다. 유람선이 지날 곳을 들어 올려 아치 모양의 상판으로 변형된다. 잠수교 종단선형은 당시 권력이 밀어붙인 과도한 환상이 남긴 흔적인 셈이다. 물이 넘치도록 낮 게 설계된 군사용 교량은, 이제 연출된 수면 위를 가로 지르도록 몸체마저 바뀌야 했다. 한강의 본질보다, 시민의 안전보다, 강을 지배할 수 있다고 여긴 한시적 권 력의 입맛에 맞게 재가공 당하고 있었다.

거세된 기능에, 선전만 남은

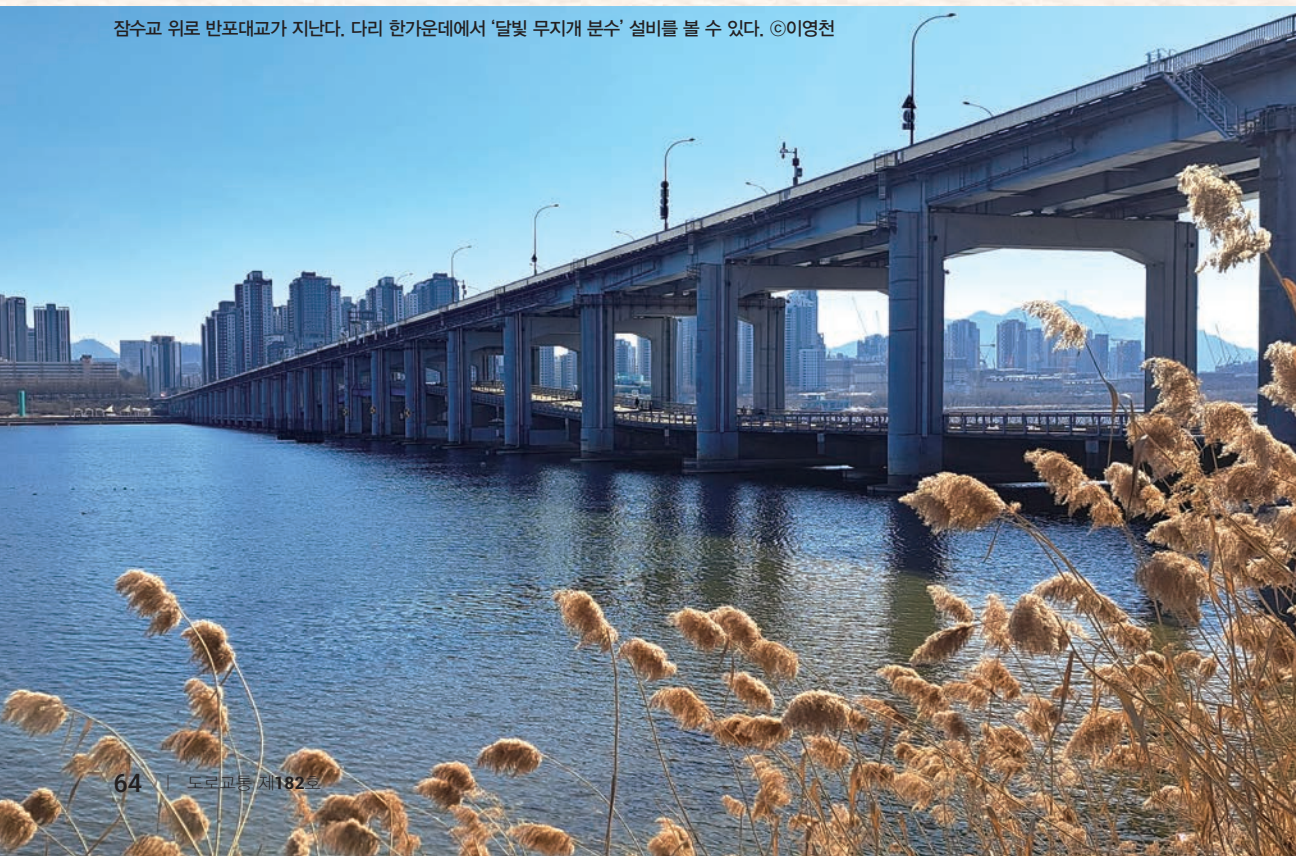
규격화한 한강의 얼굴이 무표정하다. 것처럼 한강을 대 하는 권력의 시선도 한결같았다. 되살릴 생각이나 복원 할 의도는 전혀 없었다. 오로지 그들 입맛에 맞는 상징 과 이미지 덧씌우기에 바빴다. 따라서 정책도 이미지를

통한 선전과 희화화로 기울어 갔다. 가장 먼저 선전물 이 들어섰다. 이벤트와 경관 연출이 강조되었다. 필요 성과 효과를 두고 논쟁을 낳은 사업들도 부지기수다. 이런 분위기 속에서 반포대교와 잠수교 역시 도구로 소비 당했다. 보행·조명·행사 이벤트가 덧씌워져 무대 연출의 도구로 되었다. 다리의 고유성은 중요하지 않았 다. 어떻게 보여질 것인가가 최우선이었다. 그 결과 다 리가 얼마나 안전한지보다, 오락과 선전이 강조된 표면 적 활용 도구로 전락하였다. 1990년대 이후 한강은 더 는 ‘흐르는 강’으로 대접받지 못했다. 보여주기 좋은 간 험 강물, 불꽃놀이의 무대, 덧칠된 이미지로 재구성되 었다. ‘홀려야 하는 강’의 본성이나 ‘순환’이라는 생태적 맥락보다, 카메라에 잡힌 장면과 풍경이 전면에 드러났 다. 통제와 관리 대상에서, 연출과 분장의 대상으로 한 강 성격이 옮겨갔다. 문화는 사회의식 수준에 맞게 깎 드는 법이다.



빛을 상징한다는 인공 섬이 한강에 떠 있다. 셋이라서 '세빛섬'이다. ©이영천

잠수교 위로 반포대교가 지나다. 다리 한가운데에서 '달빛 무지개 분수' 설비를 볼 수 있다. ©이영천



반포대교 달빛 무지개 분수는 이런 희화화의 상징과도 같았다. 세계 최대급 교량 분수라는 수식과 야간 쇼로 도시 홍보를 노렸지만, 그게 한강의 본질과 무슨 관 련이 있는지 모두 고개를 가우뚱했다. 수질 정화나 생 태계 보전은 당연히 다른 세계의 일이었다. 뿔어 오르 는 일곱 빛깔 분수가 소비되고, 안전하게 강을 건너야 할 교량이 분수대로 축소되었다. 본질보다 연출 소품으 로 소비되었다.

세빛섬은 상징성과 실효성 모두에서 평가가 엇갈렸다. 문화시설이라는 화려한 선전에도, 강물에 둥둥 뜬 애 물단지조로 조롱받았다. 이게 시민들 삶은 물론 깨끗해야 할 한강과 무슨 연관이 있단 말인가. 도시고속도로에 갇힌 한강이 다른 표정을 지으라고 강요된 순간이다. 한강이 겪는 고통의 현재다. 생활 터전이나 생태 공간으로 더불어 살아갈 바탕을

먼저 마련할 순 없었을까. 천만 명이 살아가는 도시 한 가운데로 흐르는 강을, 우리는 너무 오래 대상물로만 취급해 온 건 아닐까. 소비와 선전보다 삶과 생태가 어 우러지는 강으로 제발 되돌려 놓기를...

반강제로 성형된 한강이 박제화되었다. 한강은 그러나 결코 멈춰선 적이 없다. 생태순환과 재자연화, 사계절 시민이 맘껏 유영하는 강물, 전혀 다른 한강으로 되돌 아갈 힘을 지금도 남몰래 축적하고 있다. 문제는 강을 대하는 시선이다. 그간의 태도로는 어렵었다. 무엇보다 호수처럼 간혀버린 한강을 다시 흐르게 하는 일, 순환 하는 생태의 보고로 복원하는 일, 그 첫 단추가 무엇일 지 모든 가능성을 열어두고 이제 공론의 장에서 진지 하게 논의되어야 하지 않을까. 그다음은 강의 복원력에 모든 걸 내맡기자. 잠수교가 마치 낮은 운명으로 태어 났듯이 말이다. 🇰🇷

대한민국 성장의 혈맥을 잇다

제5차 경제사회발전 계획(1982~1986)과 도로인의 소명

대한민국 현대사에서 1980년대는 단순한 성장의 시대를 넘어, '한강의 기적'이 완성되어 가던 격동의 시기였다. 그 중심에는 우리 국토의 동서를 잇고 남북을 가로지르며 산업의 혈맥을 뚫었던 '도로'가 있었다. 제5차 경제사회발전 5개년 계획(1982~1986)은 바로 그 혈맥을 더욱 튼튼하고 과학적으로 다듬어 대한민국이 고도성장기로 진입하는 결정적 기틀을 마련한 시기였다.



도로 인프라 확장으로 산업 발전의 기틀을 다지다

경부고속도로에서 증명한 도로인의 자부심은 전국으로 뻗어 나가는 거침없는 동력이 되었다. 특히, 제5차 경제사회발전 5개년 계획은 각급 도로의 상호 연계성을 유지하는 종합공로 수송체계 확립을 정책 기조로 삼았다. 이 시기에는 각급 도로 수요에 대응하기 위해 수송 능력을 확충하고, 도로 포장률을 제고하는 데 주력했다. 그 결과, 1984년 6월에는 영호남을 잇는 88올림픽고속국도가 개통되었고, 연이어 호남고속국도(대전~논산~광주), 구마고속국도(이현~옥포), 남해고속국도(마산~신산리) 등이 4차로로 확장되며 국가 물류 수송의 패러다임을 바꿨다. 또한 IBRD 4차 차관도로 사업이 1983년 완공되면서 경주~포항 등 47개 공구 1,233km의 일반국도가 건설되었다.

과학적 도로 관리의 시작

이 시기 도로산업에서 일어난 가장 혁신적인 변화 중 하나는 도로관리에 '과학'과 '데이터'를 입혔다는 점이다. 1955년부터 시작된 교통량 조사는 그간 수동적인 방식에 머물러 있었으나, 1982년부터 처음으로 전산화가 시작되었다. 1985년부터는 루프식 자기교통량 측정에 의한 조사가 전국적으로 확대되어 도로 건설의 가장 중요한 기초자료를 체계적으로 수집하기 시작했다. 이는 효율적인 투자 계획



수립의 밑거름이 되었다. 또한 도로 파손의 주원인인 과적 차량을 단속하기 위해 1986년 고속국도와 일반국도에 축중기를 설치·운영하고, 아시안게임과 올림픽 등 국제대회에 대비해 3만여 개소의 도로표지를 정비하는 등 도로의 질적 수준을 높이는 데에도 매진했다.

도로인의 긍지, 미래를 향한 약속

오늘날 우리가 누리는 사통팔달의 도로는 수십 년 전 먼지 날리는 현장에서 밤낮을 지새운 선배 도로인들의 땀방울 위에 세워졌다. 제5차 경제사회발전 5개년 계획 기간 동안 이뤄낸 성과들은 단순한 토목 공사가 아니라, 대한민국 산업 엔진에 동력을 공급하고 국민의 삶을 하나로 잇는 숭고한 작업이었다. 불량 도로 시설을 개량하고 도로 기술의 향상을 추진하며 국토의 맥박을 뛰게 했던 당시의 도전 정신은 오늘날의 도로인들에게도 여전한 자부심이다. 앞으로도 도로는 국민들이 경제활동을 하고 세계로 뻗어 나가는 데 가장 밀접하고 안전한 인프라 동반자가 될 것이다. 🇰🇷

참고자료 도로백서(2003), 한국도로사(1981), 국토교통부 홈페이지, 도로업무편람(2024)

Route 1

국도 1호선

대한민국 국도이야기

‘남북의 시간’을 달리는 길, 국도 1호선

도로교통 저널 편집부

국도 1호선은 전라남도 목포에서 평안북도 신의주에 이르는 일반국도다. ‘목포~신의주선’이라는 이름이 따라붙는 이유다. 이 길의 정체성은 “번호 1번”이 아니라 시간의 층에 있다. 조선의 대로(大路)가 겹치고, 일제강점기의 ‘신작로’가 뼈대를 만들었으며, 전후에는 산업화 물류축으로 달렸다. 그리고 북쪽 끝에서 길은 멈춘다. 국도 1호선은 오늘도 이어지지 못한 구간을 품은 채, 가장 오래된 질문을 던진다. “우리는 어디까지 연결되어 있는가.”



01

‘대로’와 ‘신작로’가 겹친 역사의 간선축

한국민족문화대백과사전은 국도 1호선의 형성을 일제강점기 ‘신작로’ 설치를 근간으로 설명한다. 동시에 천안 이북 구간은 조선시대 ‘대로’와 거의 일치하지만, 이남 구간은 식민 통치 목적에 따라 일부 변형되었다고 정리한다.

즉 국도 1호선은 새로 “만든 길”이라기보다, 기존의 큰 길을 넓히고 곧게 펴며(직선화) 국가 간선축으로 재편한 결과에 가깝다. 같은 노선을 달리면서도 지역마다 전혀 다른 풍경(평야·도시·고개·하천)이 나타나는 이유가 여기에 있다.

02

살아 움직이는 기점, 현재진행형 인프라

길의 시작점은 고정된 듯 보이지만, 도시의 확장과 교량 개통이 ‘출발점의 상징’을 이동시키기도 한다. 목포시는 목포대교 개통(2012) 이후 국도 1호선 기점을 기존 대의동 일대에서 고하도 방향(충무동)으로 옮겼고, 이 변경으로(목포 대의동~신의주 기준) 길이가 939.1km에서 943.37km로 4.27km 연장됐다고 밝혔다.



목포대교전경



1번 국도가 멈추는 자리(임진각)



국도 1호선의 ‘시작’도 이동했다. 목포대교 개통 이후 기점이 고하도 방향으로 변경되었다.

Route 1 국도 1호선

이 대목은 짧게만 다뤄도 메시지가 분명해진다.
국도 1호선은 ‘역사’이면서 동시에 ‘현재진행형
인프라’다.

표1. 국도 1호선 노선 데이터

정의	목포~신의주 일반국도 (이칭: 목포~신의주선, 1번 국도)
경유축(남측)	서부 평야지대-충청 내륙- 수도권 남부-서울-고양-파주
남한 관리구간 현황(백과 기준)	총연장 498.7km, 포장률 99.8%
키워드	대로(천안 이북) / 신작로(근간) / 산업화 물류축 / 분단의 단절

03

문산 이후, 정보가 ‘끊기는’ 구간

백과사전은 국도 1호선이 고양·파주를 거쳐 신
의주까지 뻗지만, “경기도 파주시 문산을 이후
구간은 군사분계선 및 북한 지역이라 자세한 정
보를 구할 수 없다”고 정리한다.

임진각은 이 단절을 상징적으로 보여주는 장소
다. 판문점견학지원센터 안내에 따르면 임진각
은 1972년, “1번 국도를 따라 민간인이 갈 수 있
는 가장 끝 지점”에 세워졌다. 그러니 1호선의
북쪽 끝은 단순한 종점이 아니라, 길이 멈춘 자
리에서 기억이 시작되는 지점이다.



04

국도 1호선 미식 로드 5선

역사가 흐르는 국도 1호선 위에는 지역의 삶과 문화가
녹아든 풍성한 미식 거리가 자리 잡고 있다. 도로를 따라
북상하며 만날 수 있는 대표 미식을 소개한다.

항구의 서사가 담긴 목포 : 관광 DB에 등재된 ‘금메달식
당’에서는 깊은 맛과 서사를 지닌 홍탁삼합을 경험할 수
있으며, 목포의 대표적인 5미(味) 중 하나인 세발낙지는
‘독천식당’의 연포탕과 낙지비빔밥으로 즐길 수 있다.

골목의 역사가 된 광주 송정 : 1950년대부터 형성되어
현재 200m 거리에 10여 개의 떡갈비 전문점이 모여 있
는 ‘송정떡갈비거리’가 여행객을 맞이한다. 특히 1976년
에 문을 연 ‘송정떡갈비 1호점’은 이 거리의 산역사로 통
한다.

한 그릇에 담긴 명인의 숨결, 전주 : 1973년 개업 이래 3
대째 가업을 이어오고 있는 전통식품 명인의 ‘가족회관’
에서 정통 전주비빔밥의 진수를 엿볼 수 있다.

수원의 상징, 숯불 왕갈비 : 50년 이상의 묵직한 업력을
자랑하며 ‘수원 3대 갈비’ 중 하나로 손꼽히는 ‘본수원갈
비’가 수도권으로 진입한 여행객의 발길을 사로잡는다.



생활 음식이 거리 문화가 되다(송정)

05

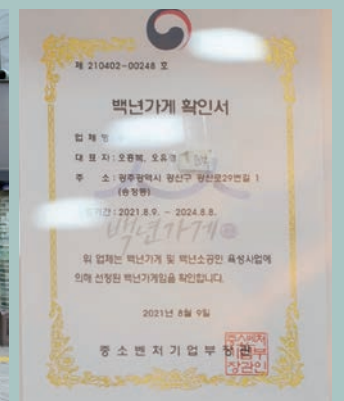
맺음말

국도 1호선은 “가장 빠른 길”이 아니라 가장 많은 시
대를 통과한 길이다. 한 구간은 대로의 그림자를 품
고, 한 구간은 신작로의 흔적을 드러내며, 북쪽 끝에
서는 분단이 도로의 정보를 끊는다.[1]

그럼에도 사람들은 이 길을 달린다. 항구의 식탁(목
포)에서 시작해, 역 앞 골목(송정), 한 그릇의 도시(전
주), 숯불의 상징(수원)을 지나, 임진각의 바람 앞에서
속도를 늦춘다. 길이 이어지지 않는 시대에도, 우리
는 삶의 방식으로 연결을 만들어왔다. 국도 1호선은
그 사실을 오늘도 가장 정직하게 보여준다. 🇰🇷

출처

- [1] 한국민족문화대백과사전, ‘국도1호선’ <https://encykorea.aks.ac.kr/Article/E0067805>
- [2] 연합뉴스(2013-05-08), 목포 국도 1호선 기점 변경 보도 <https://www.yna.co.kr/view/AKR20130508112800054>
- [3] 광주광역시 관광, ‘송정떡갈비거리’ <https://tour.gwangju.go.kr/home/tour/info/village/003.cs?act=view&infold=695>
- [4] 판문점견학지원센터, 임진각 안내 <https://www.panmuntour.go.kr/nlgn/pblc/guidance/nearby.do>
- [5] 한국관광공사(대한민국구석구석), <https://korean.visitkorea.or.kr>





1,400년 전 사비의 기억을 걷다 찬란했던 백제의 꽃, 부여 역사 산책

허준성 | 여행작가

백제의 가장 화려했던 사비 도읍 시대의 유물이 많이 남아 있는 부여는 도시 전체가 박물관이나 다름없다. 1,400여 년을 이어왔던 백제는 마지막 부여에서 꽃을 피우고 신라와 당의 연합군에 의해 멸망하고 말았다. 그 마지막 123년의 기억이 부여 곳곳에서 여행객을 기다리고 있다. 부여 여행은 국립부여박물관에서 백제 문화의 정수 백제금동대향로를 먼저 보고, 향로가 발견되었던 부여왕릉원을 가면 된다. 전체적인 백제 역사를 한눈에 보기에는 백제문화단지가 좋다.



Course



백제의 찬란한 기억이
보물로 피어나는 곳

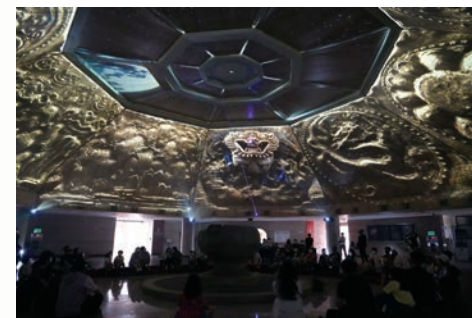
국립부여박물관



국립부여박물관에는 금동관음보살입상, 능산리사지 석조사리감 등 여러 국보가 있지만 단연 '백제금동대향로'가 압도적인 존재감으로 관람객의 시선을 압도한다. 1993년 능산리 사찰 터를 발굴하는 과정에서 발견되었는데, 조금의 손상도 없이 원형 그대로 세상에 나타났다. 높이가 61.8cm나 되는 대형 향로로 중국 등 주변 나라의 향로와 비교해도 3배 이상 되는 크기다. 용이 승천하는 듯한 형상의 다리 위 연꽃에는 스물다섯 마리의 동물이 새겨져 있다. 그 위로는 신선들이 사는 신산을 표현하고, 다섯 악사와 동물 그리고 사람들이 등장하며 가장 높은 곳에는 봉황이 자리한다. 불교는 물론 유교와 도교 사상까지 모두 아우르려 했던 백제인들의 세계관이 담겨 있다. 매 정시에는 박물관 전시동 중앙에서 백제금동대향로와 백제 문양을 주제로 한 실감 콘텐츠가 상영된다.

INFO

- 📍 충남 부여군 부여읍 금성로 5
- ☎ 041-833-8562
- 🕒 09:00~18:00, 월요일 휴무





백제 후기 사비 시대의 왕과 왕족의 분묘로 추정되는 곳이다. 부여왕릉원이 개방되고 주차장을 확장하기 위해 발굴조사를 하는 도중에 백제 문화의 정수 ‘백제금동대향로’를 능산리사지에서 발견하였다. 능산리사지는 백제 성왕의 명복을 빌기 위해 위덕왕이 세운 사찰로 왕릉원과 함께 자리하고 있다. 신라에 의해 백제가 멸망하면서 향로의 훼손을 막기 위해 땅에 묻은 것으로 추정된다. 능산리사지 한 곳에는 향로가 발견되었던 위치에 당시 발굴 직전 모습을 복원해 놓았다. 왕릉원과 능산리사지 옆에는 수도 사비를 방어하기 위해 쌓은 ‘부여 나성’의 일부도 만나볼 수 있다.

흙 속에 묻혔던 보물을 찾아가는 길 부여왕릉원과 부여능산리사지



INFO

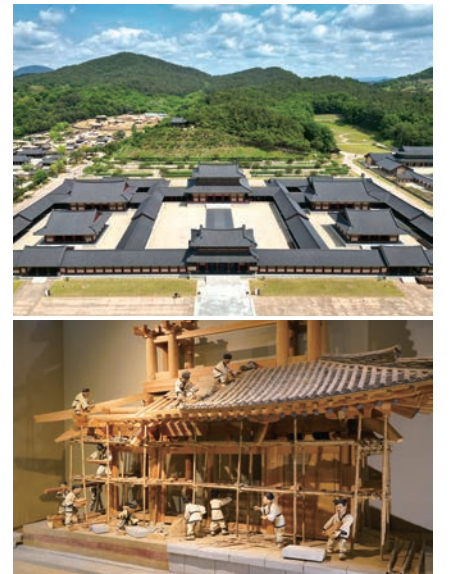
- 📍 충남 부여군 부여읍 능산리 388-1
- ☎ 041-830-2890
- 🕒 09:00~18:00(동절기 ~17:00)



살아숨쉬는 백제 속으로 백제문화단지



백제문화단지 하나만 봐도 1,400년 전 찬란했던 백제의 시작과 끝을 한꺼번에 만나볼 수 있다. 백제문화단지 내에는 국내 최초 백제사 전문 박물관인 백제역사문화관부터 백제 개국 초기의 위례성과 계층별 주거문화를 나타내는 백제생활문화마을, 백제금동대향로가 발견된 사찰 능사(능산리사지), 백제 왕궁 사비궁을 복원해 놓았다. 전기 인력거와 전기 어차 타기 등 체험 거리도 많고 여름과 주말에는 저녁 10시까지 야간 개장도 이어진다.



INFO

- 📍 충남 부여군 규암면 합정리 164-1(주차장)
- ☎ 041-408-7290
- 🕒 09:00~18:00(동절기 ~17:00), 월요일 휴무



버스가배가되는마법,
'수륙양용 시티투어'

부여수륙양용 시티투어



어느 지역을 가더라도 '시티투어'를 이용하면 그 지역의 가장 정확한 정보를 얻을 수 있어 추천하는 편인데, 부여의 시티버스는 더욱 특별하다. 다름 아닌 '수륙양용 버스'이기 때문이다. 국내 최초로 시티 투어에 수륙양용 버스를 도입해서 백마강을 가로지르고, 낙화암 등 주요 관광 명소를 색다른 시선에서 관람할 수 있게 해준다. 길 위를 달리던 버스가 스르륵 강물을 가르며 시원스레 달리면 아이들뿐만 아니라 어른들까지도 절로 탄성이 터져 나온다. 워낙 인기가 좋아 주말에는 일찍 마감되는 편이다. 미리 누리집에서 예약해야 아이들이 실망하는 모습을 보지 않는다.

INFO

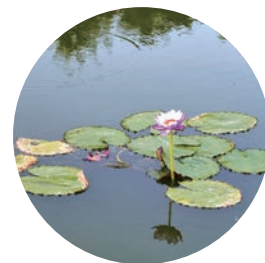
- 📍 충남 부여군 규암면 합정리 599
- ☎ 041-408-8777
- 🕒 09:30~16:30, 월요일 휴무



현대까지 남아있는 정원 중 우리나라에서 가장 오래된 인공정원으로 알려져 있다. 약 9만 평이나 되는 넓은 부지에 백련, 홍련, 가시연이 가득하다. 크고 작은 연못들이 촘촘히 이어진 형태로 연못 사이를 걷는 재미가 있다. 공남지는 백제 무왕의 탄생 설화가 깃든 곳이기도 하다. 신라 진평왕의 딸 선화공주와 결혼한 서동(무왕)을 여기 공남지에서 잉태했다는 이야기가 전해진다. 무왕 35년 궁의 남쪽에 연못을 파고 주변에 버드나무를 심었다는 삼국사기 기록에 따라 공남지라 부르게 되었다. 🇰🇷

백제 정원 예술의 정수

공남지



INFO

- 📍 충남 부여군 부여읍 동남리 152-1(주차장)



나라사랑 역사의 길

제9편_전쟁 그리고 비극의 시작 미아리에서 혜화동까지

‘나라사랑 역사의 길’은 독립기념관이 2007년부터 2010년까지 진행한 국내 독립운동 및 국가수호 사적지 실태조사를 바탕으로 기획된 기록물이다. 이 길은 독립운동과 국가수호 사적지를 중심으로 현충시설, 전근대 역사유적, 경관 등을 탐방할 수 있는 역사의 길로, 우리나라 989개의 독립운동시설과 1,322개의 국가수호시설 등 총 2,311개의 현충시설을 중심으로 다양한 요소를 고려한 탐방 코스를 제공한다.

도로교통 저널에서는 독립운동과 6·25전쟁의 국가수호 사적지를 알리고, ‘나라사랑 역사의 길’을 탐방할 수 있도록 기획 연재를 하고 있다. 이번 호에서는 6·25전쟁 발발 3일 만에 수도 서울이 북한군에 함락되는 과정을 따라가며 이 과정에서 자행된 북한군의 만행과 전쟁의 비극을 되새긴다.

📍 탐방로 안내

미아리에서 혜화동까지 이어지는 이 길은 단순한 아스팔트 도로가 아니다. 나라를 지키기 위한 처절한 항전과 이별의 눈물, 그리고 반격의 의지가 켜켜이 쌓인 역사의 층이다. 매일 무심코 지나가는 길이지만, 이번 호를 통해 독자들이 이 도로 위에 새겨진 625전쟁의 흔적을 한 번쯤 되새겨 보길 바란다.

지역
현재 서울 강북구
미아역 일대부터
서울대학교병원까지

자동차기준 약 40분
(정체 시 제외)

📍 탐방로 안내

1

미아리 전투지

2

길음교 전투지

3

애국인사 남북로 -
미아리고개

6

국군 부상병 피학살지 -
국군병원

5

미 제5공군
사령부 터

4

미 제8군사령부 터 -
동송동

📍 함께 갈 만한 곳

단장의 미아리고개 노래비 쉼터, 대학로(마로니에 공원),
서울대학교병원 의학박물관, 창경궁

📌 코스 개요

1950년 6월 25일, 평화롭던 일요일 아침을 깨운 포성은 불과 사흘 만에 서울의 턱밑까지 도달했다. 당시 북한군의 전차 부대를 막아내기 위해 우리 군이 선택한 최후의 저항선은 바로 서울의 북부 관문인 미아리였다. 지금은 출퇴근길 정체로 익숙한 이 도로들이 76년 전인 1950년에는 나라의 운명을 건 처절한 사투의 현장이었다는 사실을 기억하며 핸들을 잡는다.





코스 ①

미아리 전투지 : 서울 사수의 마지막 보루

성북구 돈암동과 길음동을 잇는 미아리 고개는 의정부 방향에서 서울 시내로 진입하는 유일한 전차 통로였다. 6월 27일 밤부터 28일 새벽까지, 국군 제7사단은 이곳에 가파른 지형을 이용한 방어선을 구축했다. 제대로 된 대전차 화기도 없던 시절, 장병들은 맨몸으로 적의 T-34 전차에 맞섰다. 지금은 고층 빌딩과 아파트가 들어섰지만, 이 완만한 경사로 위에는 수도 서울을 지키려 했던 젊은 영혼들의 외침이 여전히 흐르고 있다.



코스 ②

길음교 전투지 : 무너진 다리, 통한의 후퇴

미아리 고개 북쪽 입구인 길음교 일대는 시가전의 정점이었다. 우리 군은 길음교를 중심으로 적의 진격을 늦추려 했으나, 28일 새벽 전차를 앞세운 적의 공세를 견디지 못하고 방어선이 무너졌다. 당시 이 도로는 후퇴하는 국군과 피란민, 그리고 밀고 들어오는 북한 군이 뒤엉킨 아비규환의 현장이었다. 오늘날 매끈하게 닦인 길음교 위를 지나며, 도로가 단순히 물자의 이동로가 아닌 역사의 향방을 가르는 생명선임을 실감한다.



코스 ③

애국인사 납북로 미아리고개 : 단장의 슬픔이 서린 길

방어선이 뚫린 후 미아리 고개는 비극의 통로로 변했다. '단장의 미아리고개'라는 노래 가사처럼, 수많은 애국지사과 정치인들이 포승줄에 묶인 채 이 고개를 넘어 북으로 끌려갔다. 당시 도로변에 서서 가족의 뒷모습을 바라보며 눈물 흘렸을 이들의 아픔이 고개 정상의 예술극장과 구름다리 너머로 질게 깔려 있다. 길은 누군가에게는 희망의 통로지만, 누군가에게는 영원한 이별의 길이었다.



코스 ④, ⑤

미 제8군·제5공군사령부 터 동숭동 : 반격의 심장부

혜화동 사거리를 지나 대학로(동숭동)로 접어들면 당시 서울대 본관(현 예술가의 집) 건물이 나타난다. 전쟁 초기 이곳은 미 제8군사령부와 제5공군사령부가 주둔하며 전선을 지휘했던 곳이다. 9·28 수복 이후에는 반격을 위한 핵심 거점으로 활용되었다. 도로를 따라 늘어선 붉은 벽돌 건물들 사이로, 전쟁의 긴박했던 상황 속에서 작전을 짜고 항공 지원을 요청하던 지휘부의 숨 가쁜 움직임이 느껴진다.



코스 ⑥

국군 부상병 피학살지 국군병원 : 잊지 말아야 할 최후의 비극

이번 드라이브 코스의 마지막 목적지는 서울대학교병원이다. 서울 함락 당시, 이곳에 남아있던 국군 부상병들과 의료진은 인민군에 의해 참혹하게 학살당했다. 병원 본관 뒤편에 세워진 '이름 모를 자유전사의 비' 앞에 서면 숙연해진다. 치열했던 도로 위의 전투가 끝난 뒤 도착한 이곳에서 마주한 것은 전쟁의 가장 잔인한 민낯이었다. 

탐방을 마치며

평소 무심코 지나던 아스팔트 길 위에는 나라를 지키기 위해 맨몸으로 전차에 맞섰던 장병들의 투혼과 이별의 눈물이 커져서 쌓여 있다. 미아리에서 동숭동에 이르는 이 탐방로는 단순한 드라이브 코스가 아닌, 우리 현대사의 가장 아픈 상처와 반격의 의지가 공존하는 살아 있는 역사의 현장이다. 오늘날 우리가 누리는 평화가 이 길 위에서 스러져간 수많은 영웅의 희생 위에 세워졌음을 기억하며, 그들의 숭고한 정신을 다시금 되새겨보자.

* 자료와 사진을 제공해주신 독립기념관, 서울특별시에 깊이 감사드립니다.

첨단방호 다모여라!

①

대통령이 마피아 덕 볼 수도 있지!

자정용 | 작가

1941년 12월 7일 아침. 일본이 하와이의 진주만(Pearl Harbor)을 기습공격했다. 미 해군 2,000여 명과 민간인 400명 등 2,400여 명이 숨졌고 1,200여 명이 다쳤다. 이전까지 전 세계가 난리여도 미국은 전쟁에 끼어들지 않았다. 국익에 도움되지 않으면 개입하지 않는다는 고립주의를 고수했다.

프랭클린 D. 루즈벨트 대통령(FDR)은 이튿날 **“이날(7일)은 치욕의 날로 기억될 것입니다. 이 계획적인 침공을 극복하기까지 얼마나 오랜 시간이 걸릴지는 모르지만, 미국은 정의로운 힘을 통하여 궁극적인 승리를 거둘 것입니다”**라며 상·하원에 대일 선전포고 승인을 요청했다.

상원은 만장일치로 선전포고안을 가결했다. 연설을 전해들은 영국의 처칠 총리는 **“이제 이겼다”**고 말했다.

하원에서는 388대 1로 반대표가 한 표 나왔다. 공화당의 지넷 랭킨 의원은 쏟아진 비난에 이렇게 말했다. **“국가나 사회가 하나의 현안을 두고 하나의 의견으로만 획일화되는 것은 위험한 결과를 낳는다.”**



1941년 12월 8일 백악관을 나서는 FDR. 제대로 된 방탄차가 아니었다 /미국국립문서기록보관청

참전은 대통령 경호를 맡은 재무부 소속 비밀경호국(SS·Secret Service)에 고민거리를 던졌다. 당시 대통령의 차량 ‘선샤인 스페셜’에는 보호 기능이 없었다. 차체도, 유리도 별도의 방탄 작업을 하지 않았다. 무장한 경호원이 올라탈 수 있는 사이드스텝 정도가 고작이었다. 전시(戰時)인데, 암살 시도 등 외부 공격에 무방비였다.

금주법 시대, 대도시 뒷골목은 총질이 일상이었다. 마피아 두목 알 카포네는 항상 방탄조끼를 입고, 방탄차를 탔다. 그랬던 그가 1931년 재무부 수사관 엘리엇 네스에 게 걸렸다. 탈세 혐의였다. 재무부는 탈세 추장을 위해 방탄차를 압류했고, 카포네가 구속되자 창고에 처박아두었다.

10년이 지나 진주만이 카포네의 방탄차를 불러냈다. 선샤인 스페셜에 장갑무장을 하는 동안 FDR가 썼다. 전 주인을 알게 된 FDR는 이렇게 말했다고 한다.

“카포네씨도 이해해주겠지.”

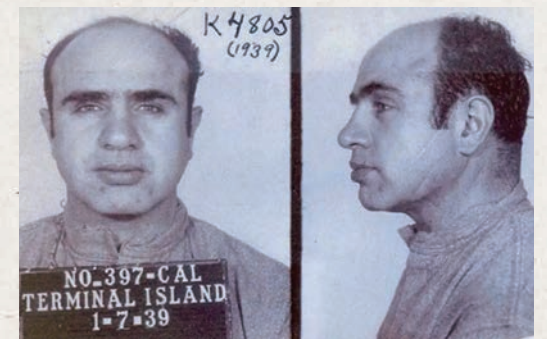
카포네는 주 정부와 주 경찰을 협박과 회유로 관리했다. 연방정부와 연방수사국(FBI)은 관할권에 가로막혀 손을 댈 수 없었다. 국세청(IRS) 만큼은 관할권에서 자유로웠고, 결국 탈세로 기소할 수 있었다.

카포네를 잡아들인 엘리엇 네스는 언터처블(The Untouchables)로 불렸다. 네스와 수사팀을 공갈·협박하고 뇌물로 매수하려고 했지만 통하지 않았다고 해서 언론이 붙여준 별명이다.

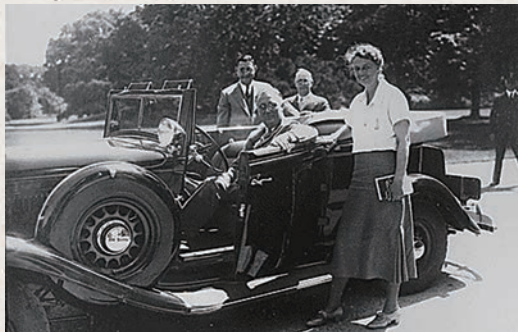
교도소 투옥 직전, 당시엔 치료가 불가능했던 성병인 매독에 걸렸다. 7년 반 동안 수감생활을 하고 출소했다. 카포네는 명목상으로 죽을 때까지 시카고 아웃핏의 두목이었다. 1947년 1월 25일 플로리다의 집에서 48세에 사망했다.



알 카포네의 방탄차. 1928년형 8기통 캐딜락을 개조했다



1939년 FBI가 찍은 알 카포네의 머그샷 /미국국립문서기록보관청



선사인 스페셜에 탄 FDR와 부인 엘레노어(위쪽). 비밀경호국은 1942년 선사인 스페셜 외에 링컨 제퍼(Lincoln-Zephyr)를 기반으로 한 방탄차도 도입했다



백악관 자동차 시대를 연 태프트의 증기차(위쪽 뒷좌석 맨 오른쪽이 태프트). 윌슨의 피어스-애로우

FDR의 의전차는 링컨의 'K시리즈 오픈형 리무진'이었다. 지붕을 여닫을 수 있는 12기통 4도어 컨버터블이었다. 휠 베이스가 4,100mm에 달할 정도로 차체가 길었다. 주로 지붕을 열고 다녀 선사인 스페셜로 불렸다. 다리가 불편했던 FDR는 퍼레이드 도중 다가온 시민들과 앉은 채로 악수할 수 있었다.

장갑무장을 입히자 더 스페셜해졌다. 코치빌더 브룬앤 컴퍼니(Brunn&Company)가 작업을 맡았다. 유리두께는 1인치(2.54cm), 장갑도어에 방탄타이어를 장착했다. 기관총 보관함도 있었다. 이런 장치들로 인해 차체가 1.8m 길어지고 중량은 4,218kg 까지 늘어났다. 차량값보다 더 많은 4,950달러가 방탄에 들었다.

자동차를 탄 최초의 대통령은 윌리엄 맥킨리다. 1901년 7월 13일 스탠리 형제의 요청으로 증기차를 잠깐 탔다. 시승만 했을 뿐 여전히 백악관은 의전마차를 이용했다. 다음 대통령 시어도어 루즈벨트도 마찬가지다. 비밀경호국은 1907년 화이트(White Motor Company)의 증기차를 구입했다. 의전마차를 뒤따라가며 경호하기 위해서였다.

의전차를 공식 사용한 대통령은 윌리엄 하워드 태프트다. 태프트는 백악관 마구간을 차고로 개조하고, 1만2천 달러를 들여 4대를 구입했다. 피어스-애로우(Pierce-Arrow)의 내연기관차 2대, 스투드베이커(Studebaker)의 전기차 1대, 화이트의 증기차 1대였다. 우드로 윌슨은 피어스-애로우 3대를 구입했다. 윌슨은 이 차를 너무 마음에 들어했다. 1921년 퇴임할 때 이 중 한 대를 지인이 사들여 윌슨에게 선물했다. 백악관이 중고차 값으로 지인에게서 받은 돈은 3천 달러였다.

워렌 하딩은 취임식에 자동차 퍼레이드를 한 첫 대통령이었다. 운전면허를 가진 미국의 첫 대통령이기도 했던 하딩의 퍼레이드카는 패커드(Packard)의 12기통 '트윈 식스'였다.

1916년 자동차 역사상 처음으로 12기통 엔진을 개발한 브랜드가 패커드다. 포드 모델T가 440달러였는데, 패커드는 2,600달러에서 시작했다. 하딩의 퍼레이드 덕분에 고급차 시장에서 패커드의 주가는 더욱 치솟았다. 1920년대에 **“미국의 명문가는 3P 자동차를 탄다”**는 말이 돌았다. 피어스-애로우와 패커드, 그리고 피어리스(Peerless)다.

피어리스는 생소할 수 있다. 1900년 뉴욕 오토쇼가 자동차 데뷔 무대였다. 피어리스는 기계적인 완성도가 뛰어났다. 20만 마일을 무난하게 달린다는 평가를 받았다. 부동형 리어액슬, 스티어링 휠 킬링 시스템을 개발했다. 하지만 대공황을 이겨내지 못하고 1932년 파산했다.

트루먼은 링컨을 선택했다. 백악관은 링컨 코스모폴리탄 10대를 임대했다. 이 가운데 트루먼의 의전차는 장갑무장 때문에 2,900kg으로, 다른 9대보다 770kg 더 무거웠다. 자동차 마니아였던 드와이트 아이젠하워는 이 모델의 플렉시글라스 컨버터블을 좋아했다.

방탄 기능이 있었지만, 케네디 대통령(JFK)의 피격을 막을 순 없었다. 오픈카는 경호가 취약했다. 원거리 저격을 막는 건 불가능했다. 이후 인근 건물 등에 대한 경호를 강화했다. JFK 이후 오픈형은 의전차로 사용하지 않고 있다. 🇫🇷



1921년형 피어리스 모델 56(왼쪽)과 1927년형 패커드 426 Roadster



아이젠하워는 링컨 코스모폴리탄 컨버터블을 애용했다 /헨리포드박물관



피격 직전의 JFK /PBS



빛나는 덕이 있는 곳... 한국의 봄날을 찬미하다

[사찰순례] 안동 봉정사와 영국 여왕

동욱 | 작가

강남 갔다 4월 초쯤
우리나라에 오는 봄의
전령사 제비가
봉정사 대웅전에
자리 잡은 건
무슨 연유일까?

봉정사 대웅전엔 텃마루가 있다.

다른 절에서는 찾아보기 힘든 텃마루가 대웅전 앞에 꼭 이
어져 있다. 보기 드문 모습을 담으려고 휴대폰 카메라를 만
지작거리는 데 이건 또 뭐지?

뜻밖의 주인들이 순례자를 반긴다.

여기저기서 '지지배배' 노랫소리가 들리더니 제비 몇 마리
가 날아든다. 대웅전 현판 사이를 제 집 드나들 듯 자연스
럽게 오가는 제비들.

‘이 곳이 흥부네 대청마루인가’

‘혹시 박씨를 물고 온 건 아닐까’

잠시 즐거운 상상에 잠겼다.

강남 갔다 4월 초쯤 우리나라에 오는 봄의 전령사 제비가
봉정사 대웅전에 자리 잡은 건 무슨 연유일까?

괜한 호기심을 안고 우리나라에서 가장 오래된 목조 건물
인 극락전 쪽으로 걸어가는데, 한 무더기 돌탑이 눈에 들어
온다.

아래쪽엔 기와를 세워 돌들이 흐트러지지 않도록 받치고
있고, 위로 올라갈수록 조금은 뾰족해지는 모양을 유지하
고 있다.



봉정사 대웅전 처마위에 제비 5마리

1999년 4월 21일.

영국 엘리자베스 2세 여왕이 이곳 돌탑에 작은 돌 하나를 얹었다. 무슨 소원을 빌었을까?

일흔 세 번째 생일을 고향 영국에서 직선거리로 9000km가량 떨어진 한국, 그것도 조용하고 평화로운 산사에서 맞이한 느낌은 어떠했을까?

영국인들은 “여왕의 눈과 귀를 통해 세상을 바라 본다.”고 하는데 여왕은 봉정사에서 무엇을 바라 봤을까?

“1300여 년 전 어느 봄날인가 봉정사 낙성식에 가고 싶었던 신라 공주가 있었다. 공주라는 신분 때문에 갈 수 없었던 이곳을 꼭 가보고 싶다는 간절한 생각이 ‘말나식’이 되어 마음 속 깊은 곳 ‘아뢰야식’에 저장됐다. 공주는 윤희를 거듭하여 영국 여왕이 되었다. 여왕의 무의식 속에 남아 있었던 미완의 생각이 인(因)이 되어 한국 방문이라는 연(緣)을 만나자 가고 싶었던 봉정사를 온 것은 아닐까? 이러한 것을 ‘인연’이라 한다. 마치 연꽃의 씨가 오랫동안 마른 진흙 속에 묻혀있었지만 비를 만나면 다시 꽃을 피우는 것과 같다.”

<불교신문, 2021.11.30.>



봉정사 극락전 아래서 본 정면



봉정사 극락전 앞 돌탑에 돌 놓는 영국 여왕과 일행



봉정사 방문한 영국 여왕의 모습



봉정사 극락전과 앞에 있는 돌탑

불교에서 ‘마음을 구성하는 식(識)’ 가운데 일곱 번째인 말나식과 여덟 번째인 아뢰야식을 인용해 여왕의 마음을 풀이한 게 순례자로서 선뜻 이해하기 어렵지만 그래도 불교 신문다운 해석이라는 생각도 든다.

“가장 한국적이고 자연스러운 모습을 보고 싶다”던 엘리자베스 여왕.

“평화로운 산 속에 자리 잡은 봉정사를 찾았을 때 나는 한국 봄날의 아름다움을 느꼈다. As I visit the Pongjong temple in the peaceful mountains, I feel the beauty of a Korean spring day.”는 글을 남겼다.

봉정사는 신라 문무왕 12년인 672년에 의상대사의 제자인 능인대덕이 창건한 신라시대 고찰이다.

‘우리나라에서 가장 오래된 최고(最古)의 목조건물이자 간

결하고도 강한 아름다움을 지닌 극락전과 조선시대 최고의 대웅전 등으로 이뤄져 있고, 질서정연한 건물 배치로 가장 단정하고 고풍스러운 아름다움을 보여주는 산사’라고 봉정사는 설명한다. 순례자에게 ‘봉정사’ 이름 그 자체에서 느껴지는 품격이 더 좋다.



봉정사 방문한 영국 여왕의 사인판 봉정사에서 한국의 봄을 맞다



봉정사 만세루에 올라 바라본 산하



봉정사 만세루에 걸린 덕회루 현판

절이 얹은 자세가 마치 봉황이 머물고 있는 듯해 봉정사라고 한다.

‘하늘에서 선녀가 등불을 내려 환하게 밝혀 준 ‘천등산(天燈山)’에서도 ‘봉황이 와서 머무르는 곳(鳳亭)’에 자리 잡았으니 그 이름만으로 멋진 곳이다.

엘리자베스 여왕도 올라 우리 산하를 바라봤다는 봉정사 만세루에 오르면 천등산이 눈앞에 펼쳐진다. 문화재 보호를 위해 출입을 제한하는 곳도 많은데, 만세루는 직접 오를 수 있어 순례자에게는 무척이나 반갑다.

대웅전 쪽으로 바라보면 덕회루(德輝樓)라는 현판이 보이고 산 쪽엔 만세루(萬歲樓)라는 현판이 걸려있다. ‘빛나는 덕이 만세에 걸쳐 이뤄지기를 바라는 염원’을 담았을까?

덕회루 현판에는 1913년 계축년 한 여름에 김가진이 썼다고 적혀있다.

동농(東農) 김가진(1846~1922).

‘1877년 문과에 급제해 관직에 나간 문신으로 주일본 전권 대사를 지낸 ‘조선의 외교관’이다. 1895년 1차 갑오개혁을 주도했고, 농상공부 대신 등을 역임했다. 61세이던 1907년 관직을 떠난 뒤 계몽단체인 대한협회를 이끌었고 일제의 강제병합을 끝까지 반대했다. 1919년 10월 74세의 노구를 이끌고 상하이 임시정부로 가 ‘일본과의 혈전’을 준비했지만 1922년 상하이에서 끝내 숨을 거뒀다.’

<동농문화재단 홈페이지 발췌>

상하이 망명 당시 그의 심경을 담은 시가 독립신문에 실렸다.



천등산 봉정사 현판을 단 만세루(덕회루)

절이 얹은 자세가 마치 봉황이 머물고 있는 듯해 봉정사라고 한다. ‘하늘에서 선녀가 등불을 내려 환하게 밝혀 준 ‘천등산(天燈山)’에서도 ‘봉황이 와서 머무르는 곳(鳳亭)’에 자리 잡았으니 그 이름만으로 멋진 곳이다.

봉정사 만세루 현판과 산쪽 방향



봉정사 영산암 내부 모습

나라가 부서지고 임금이 없어지며 사직이 고꾸라졌기에 (國破君亡社稷傾)

부끄러움을 꺼안고 죽지 않고 참아서, 지금에 이르기까지 살아있네(包羞忍死至今生)

그러나 늙은이 마음은 오히려 하늘을 찌를 뜻은 있어 (老心尚有衝霄志)

일거에 힘차게 날아올라 만 리는 갈 수가 있네.

(一舉雄飛萬里行)

<독립신문, 1919. 11. 4., 브레이크뉴스, 2022. 7. 28. 재인용>

한학과 서예에도 조예가 깊었던 구한말 개혁 정치가이자 독립운동가인 김가진.

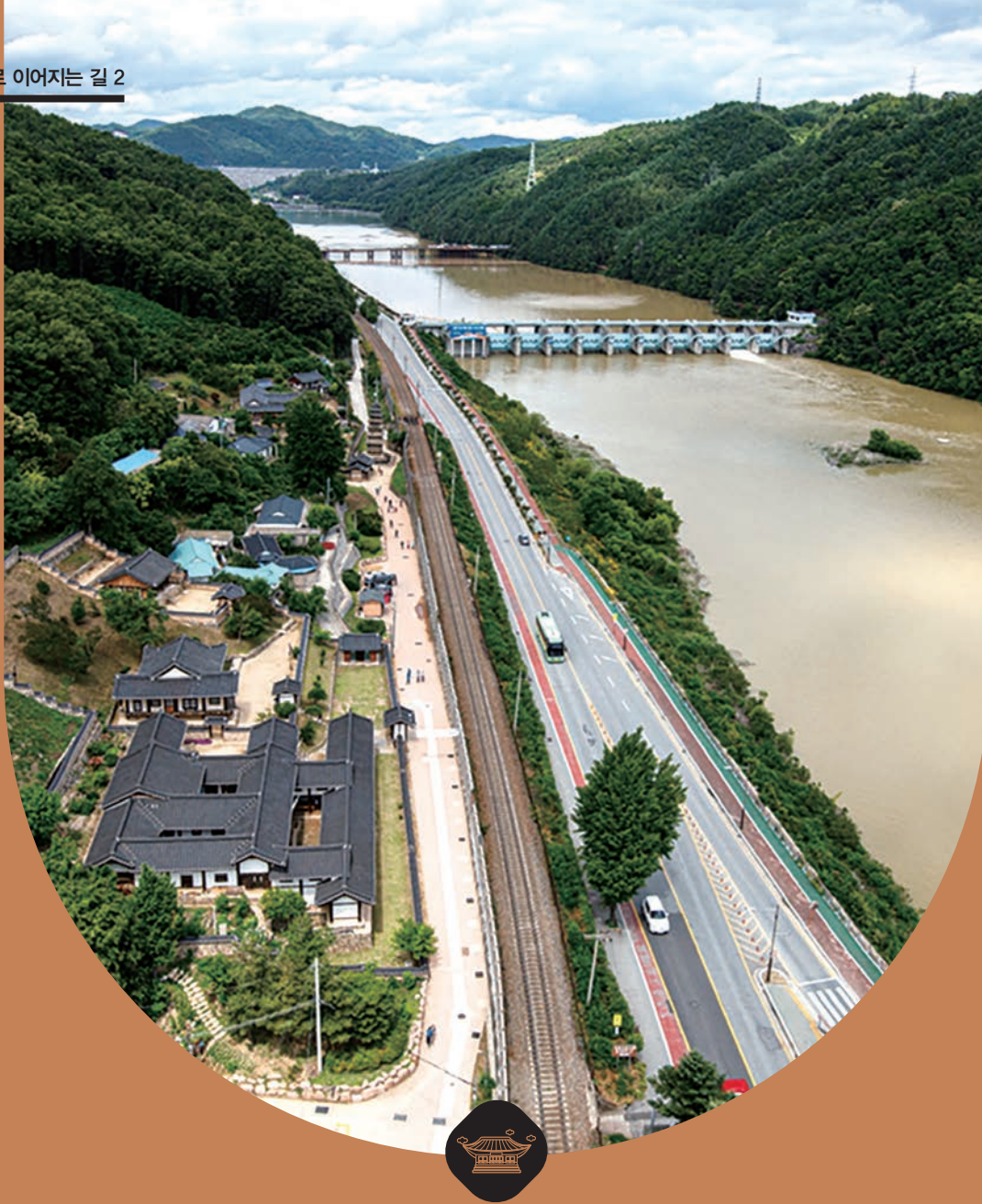
동농 김가진이 쓴 덕회루 현판 글귀는 중국 전한시대 가의(賈誼:BC 200~168)가 지은, 굴원의 절개를 기린 ‘조굴원부(弔屈原賦)’의 한 구절에서 따 왔다.

봉황은 천 길 높이로 날며 덕이 빛나는 곳을 보고 내리고, (鳳凰翔于千仞兮 覽德輝而下之)

덕이 없고 험악한 조짐을 보면 멀리 날아가 버린다.

(見細德之險微兮 遙增擊而去之)

봉황과 영국 여왕, 독립 운동가의 사연이 교차하는 봉정사. 언제라도 한 번쯤 가서 찬찬히 돌아볼만한 우리의 세계유산이다. 제비가 강남에서 오는 봄날이면 더 좋겠다. 🇰🇷



봄날의 산사로 이어지는 길

도로교통 저널 편집부

길은 늘 먼저 와 있지만, 사람들은 좀처럼 그것을 인식하지 않는다. 목적지를 정하고 차에 오르고 어느새 도착하는 동안, 도로는 아무 말 없이 우리를 실어 나른다. 너무 익숙해서 잊고 지내지만, 길은 숨쉬는 공기처럼 없어서는 안 될 존재다.

안동 봉정사로 가는 길도 그렇다. 경북 안동시 서후면 봉정사길 222. 중앙고속도로를 타고 서안동IC로 나온 뒤, 국도 34호선과 지방도 924호선을 지나 서후면과 봉정사 삼거리를 거쳐 산사로 들어서는 여정은, 단순한 이동이라기보다 마음을 가라앉히는 과정에 가깝다. 도시의 기운은 조금씩 멀어지고, 사람의 호흡은 차분해진다. 좋은 길은 단지 빠르게 데려다주는 것이 아니라, 도착할 장소에 어울리는 마음까지 준비하게 한다.

그 길 끝에서 만나는 봉정사는 더욱 깊다. 봉정사는 신라 문무왕 12년인 672년에 창건된 것으로 전해지며, 우리나라에서 가장 오래된 목조건물인 극락전과 단정한 아름다움의 대웅전을 품은 고찰이다. 오래된 처마와 나무 기둥, 산사의 고요한 공기는 세계유산의 아름다움을 화려함이 아닌 침착한 품격으로 전한다.

봉정사에 이르면 비로소 알게 된다.

길은 단지 절까지 이어주는 시설이 아니라, 이런 풍경을 온전히 만나게 하는 준비였다는 것을. 누군가 닦고, 잇고, 지켜낸 도로가 있기에 우리는 먼 곳으로 가고, 더 깊은 세계 앞에 설 수 있다. 그러나 도로는 늘 너무 자연스럽게 곁에 있어 그 고마움을 자주 잊게 된다.

봉정사로 이어지는 길은 그래서 특별하다. 고속도로에서 국도와 지방도를 지나 마지막 산사 길에 이르기까지, 도로는 여행의 도구이자 마음의 완충지대가 된다. 우리는 목적지만 기억하기 쉽지만, 어떤 장소는 그곳에 이르는 길까지 함께 남긴다. 안동 봉정사가 바로 그런 곳이다. 길은 오늘도 말없이 우리를 품고, 산사의 고요한 아름다움 앞까지 편안히 데려다준다. 🇰🇷



“하이패스 1위 기업을 넘어 스마트 라이프의 동반자로”

SM하이플러스(주)

“누적 발행 1,300만 매의 신뢰, 하이패스 선불카드 시장 점유율 1위”
“모바일 앱과 간편결제의 결합, 도로 위 디지털 전환(DX)을 선도하다”



HIPLUS

대한민국 최초 하이패스 카드에서
스마트 하이패스로의 새로운 변화!

국가 경제의 대동맥인 도로는 이제 단순한 이동의 통로를 넘어, IT기술과 금융 서비스가 결합된 ‘스마트 모빌리티’의 장으로 진화하고 있다. 이러한 변화 속에서 이용자의 편의성을 극대화하고 결제의 장벽을 허무는 것은 도로 산업 발전의 필수 과제이다. 이번 호 ‘도로인사이드’에서는 2007년 설립 이래 대한민국 하이패스 이용 문화의 대중화를 이끌어왔으며, 이제는 모바일 중심의 혁신 플랫폼으로 도약하고 있는 SM하이플러스(주)의 여정을 소개하고자 한다.



하이패스 1위 기업의 자부심, 편리한 이동의 시작

SM하이플러스는 대한민국 고속도로 이용객들에게 가장 친숙한 결제 파트너입니다. 2007년 한국도로공사에 의해 설립된 후 2011년 SM그룹에 편입된 이래, 하이패스 선불 전자카드 발행 및 정산 업무를 주도하며 성장을 거듭해 왔습니다.

- 시장 점유율 1위의 위상: SM하이플러스는 현재 선불 하이패스 사업 분야에서 시장 점유율 1위를 굳건히 지키고 있다. 누적 판매 1,300만 장에 달하는 카드 보급 실적은 국민 5명 중 1명이 SM하이플러스의 서비스를 이용하고 있음을 의미하며, 이는 곧 기업에 대한 국민적 신뢰의 증거이기도 하다.
- 신뢰와 혁신의 경영 철학: “신뢰”, “창의”, “혁신”을 바탕으로 목표는 높게(High), 고객 만족은 더하는(Plus) 미래 성장 기업을 지향하고 있다. 전국 모든 고속도로와 주요 유료도로에서 중단 없는 서비스를 제공하며 국민의 이동권을 보장하고 있다.

디지털 전환(DX): 하이패스, 스마트폰 안으로 들어오다

최근 SM하이플러스가 보여준 가장 눈부신 성과는 ‘모바일 중심의 서비스 혁신’이다. 이는 오프라인에 머물러 있던 하이패스 결제 환경을 디지털 생태계로 완전히 옮겨놓은 작업이었다.

1. 국내 최초 하이패스 전용 앱 ‘하이플러스(HIPLUS)’

SM하이플러스는 국내 카드 업계 최초로 하이패스 전용 모바일 앱을 출시했다. 과거 홈페이지나 오프라인 영업소를 방문해야 했던 카드 신청, 자동충전 설정, 이용내역 조회 등의 모든 과정을 스마트폰 터치만으로 가능하게 했다.

2. 전자지갑 ‘하이머니’의 도입

앱 내 전자지갑인 ‘하이머니’를 통해 결제와 충전의 편의성을 극대화했다. 특히 무인 충전소나 편의점을 찾아가야 했던 번거로움을 해결하여 이용자들에게 ‘기다림 없는 도로 이용’의 경험을 선사하고 있다.

3. 국내 3대 간편결제 서비스와의 최초 연동

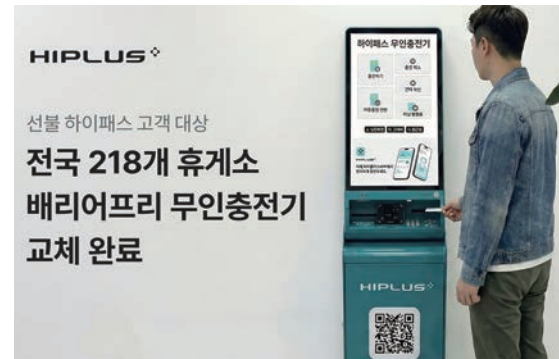
SM하이플러스는 카카오페이, 토스페이에 이어 최근 네이버페이까지 국내 3대 간편 결제사 모두와 하이패스 자동 충전 서비스 라인업을 구축했다. 선불 교통카드 분야에서 이들 3사 모두와 연계 서비스를 도입한 것은 SM하이플러스가 처음이며, 쇼핑 등으로 적립한 각 사의 포인트를 통행료 결제에 사용할 수 있게 함으로써 고객의 경제적 이익까지 고려했다.



신청부터 조회까지, 하이패스의 모든 것을 한 손에



국내 최초 3대 페이 완성, 하이패스 결제의 경계를 허물다



장벽 없는 기술, 누구나 차별 없이 누리는 하이패스 충전 서비스

인프라 고도화

현장의 경험을 바꾸는 스마트 키오스크

모바일 혁신과 더불어 SM하이플러스는 실제 도로 이용자들이 마주하는 오프라인 접점에서의 인프라 고도화에도 대대적인 투자를 진행하고 있다.

- 218개 휴게소 무인 충전기 전면 교체: 전국 고속도로 휴게소에 설치된 노후된 ATM 형태의 충전기를 최신형 키오스크로 전면 교체 완료했다. 이는 10여 년 만에 이뤄진 대규모 시설 투자로, 대형 터치스크린과 직관적인 UI/UX를 적용하여 처리 지연 및 오작동 문제를 획기적으로 개선했다.
- 온-오프라인의 연결: 새로운 무인 충전기에 부착된 QR 코드를 통해 바로 '하이플러스' 앱을 설치할 수 있도록 설계하여, 오프라인 방문객이 자연스럽게 모바일 자동충전 회원으로 전환될 수 있는 DX 전략을 실행하고 있다.
- 사회적 책임을 담은 '배리어 프리(Barrier Free)' 기술: 사회적 약자를 배려하는 기술 도입에도 앞장서고 있다. 휠체어 이용자를 위한 '낮은 화면 모드', 시각 약자를 위한 '고대비 모드'를 키오스크에 적용했으며, 현재 음성 안내 기능까지 개발 중으로 누구나 차별 없이 서비스를 누릴 수 있는 환경을 조성하고 있다.

상생 경영과 사업 다각화 더 넓은 세상을 향한 도전

SM하이플러스는 카드 사업의 성공에 안주하지 않고, 소상공인 지원과 사업 영역 확장을 통해 사회적 가치를 창출하고 있다.

- 소상공인 전용 하이패스 카드 출시: 200만 사업장이 이용하는 경영 관리 앱 '캐시노트'와 협업하여 소상공인 전용 하이패스 카드를 선보였다. 시중가보다 저렴한 구매 혜택과페이백 이벤트를 통해 사업주들의 운영 비용 절감을 지원하며 상생 경영을 실천하고 있다.
- 모빌리티 라이프 플랫폼 확장: 하이패스 결제를 기반으로 방문 세차 서비스, 내 차 구매 상담 서비스 등 운전자에게 필요한 다양한 라이프스타일 서비스를 앱 내에 탑재하며 플랫폼의 외연을 넓히고 있다.
- 건설 및 레저 분야의 시너지: SM하이플러스는 건설 사업에서도 두각을 나타내어 상주영천 고속도로 시공 등 토목 기술력을 인정받았으며, 3,840세대의 아파트를 공급해 국민 주거 안정에도 기여했다. 또한 리조트, 호텔, 골프장 운영 등 레저 사업과의 연계를 통해 고객에게 다각적인 만족을 제공하고 있다. 🇰🇷



함께 달리는 상생 경영, 소상공인 맞춤형 하이패스 솔루션



SM하이플러스(주)

Q1. SM하이플러스가 도로교통 분야에서 가장 중요하게 생각하는 혁신 포인트는 무엇입니까?

A. 저희의 혁신은 언제나 '고객의 불편함(Pain Point) 해소'에서 시작됩니다. 하이패스 선불카드가 가진 충전의 번거로움을 해결하기 위해 모바일 앱을 개발하고, 3대 간편결제사와 손을 잡은 것이 그 예입니다. 이용자가 결제를 신경 쓰지 않고 운전 그 자체에 집중할 수 있는 'Seamless'한 환경을 만드는 것이 저희의 목표입니다.

Q2. 최근 전국 휴게소 충전기를 교체하며 '배리어 프리' 기능을 강화한 배경이 궁금합니다.

A. 하이패스 1위 기업으로서 누구나 차별 없이 도로 인프라를 이용할 수 있어야 한다는 책임감을 느끼고 있다. 장애인이나 고령자 등 교통약자들이 최신 기술의 혜택에서 소외되지 않도록 낮은 화면 모드와 고대비 모드를 도입했으며, 앞으로도 포용적 기술(Inclusive Technology) 개발에 힘쓸 것입니다.

Q3. '하이머니'와 간편결제 포인트 연동은 이용자들에게 어떤 혜택을 주나요?

A. 이제 하이패스는 현금으로만 충전하는 수단이 아닙니다. 쇼핑이나 이벤트로 쌓은 네이버·카카오·토스 포인트를 통행료로 전환해 사용할 수 있게 됨으로써, 이용자들은 실질적인 교통비 절감 효과를 누릴 수 있다. 이는 단순한 결제 수단을 넘어 고객의 자산을 가치 있게 연결하는 서비스입니다.

Q4. 앞으로 SM하이플러스가 나아갈 방향에 대해 한 말씀 부탁드립니다.

A. 저희는 단순한 카드 발행사를 넘어 '모빌리티 페이먼트 허브(Hub)'로 거듭나고자 합니다. 하이패스 정산 업무 고도화와 원톨링 시스템 개발 참여 등을 통해 고속도로 산업 발전에 기여해 온 경험을 바탕으로, 미래 자율주행 시대의 핵심인 인카 페이먼트(In-Car Payment) 시장에서도 선도적인 역할을 수행하겠습니다. 도로협회 회원사 여러분과의 긴밀한 협력을 통해 대한민국 도로가 세계에서 가장 편리한 길이 되도록 앞장서겠습니다.

대한민국 도로 기술, 유럽의 심장부로! 한국도로공사 도로교통연구원

FEHRL 아시아 최초 가입

이환필 | 한국도로공사 연구처 연구기획실 수석연구원

하용수 | 한국도로공사 연구처 연구기획실 책임연구원

1. 글로벌 도로 교통의 새로운 장을 열다

대한민국의 도로교통 기술이 유럽의 견고한 연구 네트워크망을 뚫고 세계 무대의 중심으로 진입했다. 한국도로공사 도로교통연구원이 지난 2025년 12월 9일 온라인으로 개최된 ‘유럽 국가도로 연구소 포럼(Forum of European National Highway Research Laboratories, 이하 FEHRL)’ 연례 총회에서 정식 회원 가입 승인을 받는 쾌거를 이룬 것이다.

FEHRL은 유럽 각국의 국가 도로 연구소들이 모여 도로 인프라의 미래를 설계하는 권위 있는 협의체

중 하나이다. 그동안 유럽 국가 위주로 운영되어 온 전문적인 네트워크에 한국의 연구기관이 정식 멤버로 합류했다는 것은, 한국의 도로 기술이 이미 세계적인 표준과 어깨를 나란히 하고 있음을 입증하는 결과다. 이번 가입은 비유럽권 국가 중 미국 연방도로청(FHWA) 산하 터너-페어뱅크 도로연구소(Turner-Fairbank Highway Research Center, TFHRC)에 이어 세계에서 두 번째이자, 아시아 국가로는 최초의 사례이다. 이번 가입을 계기로 한국 도로공사는 글로벌 기술 리더십을 확보하고, 차세대 모빌리티와 지속 가능한 인프라 구축을 위한 국제 공동 연구의 교두보를 다지게 되었다.



Experimental facilities



Vehicle Crash Test and Accreditation Station



XR-based Driving Simulator



KEC Test Road



한국도로공사 보유 주요 R&D 인프라



FEHRL의 Scanning tour 2016: 한국도로공사 도로교통연구원 및 교통센터 방문

2. 길 위의 내일을 설계하는 기술의 산실

고속도로 5,000km 시대를 견인해 온 한국도로공사 도로교통연구원은 도로와 교통의 미래를 준비하는 국내 유일의 종합 도로교통 전문 연구기관으로서, 포장가속시험동, XR 기반 주행시뮬레이터, 도로 안전시설 충돌시험장, 시험도로 등의 세계적인 R&D 인프라를 보유하고 있다. 특히, 본 연구원은 대한민국 고속도로의 건설, 유지관리, 교통 안전 및 첨단 기술 도입을 총괄하는 ‘브레인’ 역할을 수행하고 있으며, 안전하고 편리한 고속도로를 만들기 위하여 노력하고 있다.

3. FEHRL : 유럽 교통 인프라 혁신의 중추

FEHRL은 유럽 교통 인프라의 신뢰성, 안전성, 환경 보호 및 비용 효율성 문제를 해결하기 위해 조직된 비영리 국제 협력체이자 연구 협의체이다. 특히, 독일의 BAST, 프랑스의 Uni Eiffel, 스웨덴의 VTI 등 유럽 주요 국가의 연구소들이 핵심 회원으로 활동하고

있을 정도의 강력한 유럽 연구 네트워크를 보유하고 있다. 또한, 단순한 지식 공유를 넘어 유럽연합(EU)의 도로정책 수립과 규제 마련에 막강한 영향력을 행사하고 있다. 이번 가입은 기존 FEHRL이 가진 방대한 기술 데이터베이스와 유럽의 표준화 논의 과정에 한국도로공사 도로교통연구원이 직접 참여할 수 있는 권한을 얻는 것을 의미한다.

4. 10년의 여정, 전략적 접근의 결실

이번 가입은 2016년 시작된 10년 간의 치밀한 기술 외교의 결과이다. 2016년 11월, FEHRL 사무국 관계자들이 한국도로공사 도로교통연구원과 교통센터를 방문한 ‘글로벌 탐사 투어(Scanning Tour)’가 그 시작점이었다. 이후 공사는 세계도로협회(PIARC) 기술위원회(Technical Committee)를 통한 정보 교류를 지속하며 유럽 측과의 신뢰를 쌓아왔다. 전략적 측면에서 이번 가입은 ‘필연적 선택’이었다. 트럼프 2기 정부 출범 등 급변하는 국제 정세 속에서 미국 고속도로 교통협회(AASHTO) 탈퇴라는 변

수가 발생함에 따라, 한국은 미국 일변도의 기술 협력에서 벗어나야 했다. 이에 공사는 유럽의 고도화된 규제 체계(GSR 등)와 EU 중심의 국제 연구 프로젝트로 눈을 돌리는 ‘기술적 다변화’ 전략을 채택했다. 2025년 12월 9일 온라인 총회에서 한국도로공사 조성민 연구처장이 발표한 한국도로공사의 R&D 비전은 회원국들로부터 지지를 이끌어내며 10년 여정의 마침표를 찍었다.

5. 글로벌 표준을 선도하는 ‘K-ROAD’의 미래

한국도로공사 도로교통연구원의 FEHRL 가입은 대한민국 도로 기술이 더 이상 ‘추격자’가 아닌 ‘선도자’로서의 위치에 올랐음을 선포하는 신호탄이다. 또한, 이번 가입은 단순한 지위 확보를 넘어, 대한

민국이 세계 도로 교통 혁신의 ‘무게중심(Center of Gravity)’로 이동했음을 상징한다. 현재 한국도로공사 도로교통연구원은 FEHRL 입성을 현재 공사가 보유한 글로벌 네트워크를 더욱 공고히 하는 앵커(Anchor) 역할을 할 것으로 기대하고 있다.

“길 위의 내일을 설계한다”는 비전 아래, 한국도로공사 도로교통연구원은 이제 유럽의 선진 기관들과 어깨를 나란히 하며 전 세계 인프라가 마주한 도전 과제들을 해결해 나갈 것이다. 이번 협력을 통해 확보될 국제적 기술 네트워크는 향후 한국 기업들의 해외 도로 사업 진출에 있어 강력한 기술적 뒷받침이 될 것이며, 안전하고 스마트한 대한민국의 도로 모델이 전 세계의 표준이 되는 날을 앞당길 것으로 기대된다. 🇰🇷



FEHRL 연례 총회 중 한국도로공사 발표 모습



자전거 도로 정보 17편

물길 따라 역사를 달리는 정읍 정읍천 자전거길

내장산 명경지수에서 동진강까지 이어지는 23.1km의 여정

대한민국 단풍의 대명사 내장산, 그 화려한 기암절벽과 만산홍엽의 기슭에서 정읍천의 맑은 물길이 시작된다. 행정안전부와 지자체가 엄선한 명품 노선인 '정읍 정읍천 자전거길'은 내장산 입구 야영장 건너편에서 출발해 동진강에 합류하는 옛 만석보 근처까지 총 길이 23.1km로 구성되어 있다. 내장산 북쪽 골짜기에서 발원한 정읍천은 특이하게도 남에서 북으로 흐르며, 내장저수지를 거쳐 정읍 시내를 관통한 뒤 호남평야의 광활한 들녘으로 나아간다. 전 구간이 비교적 평탄하여 초보자도 무리 없이 라이딩을 즐길 수 있는 것이 특징이다. 봄에는 천변을 따라 끝없이 이어지는 1,200여 그루의 벚꽃 터널이, 가을에는 내장산 특유의 붉은 단풍이 라이더의 눈을 사로잡는다. 강물을 거슬러 올라오는 시원한 바람을 맞으며 페달을 밟다 보면, 어느새 호남평야의 너른 품과 하나 되는 호연지기를 경험하게 된다.



내장산 국립공원



정읍사공원·달빛사랑숲

발길 닿는 곳마다 깃든 웅장한 자연과 역사의 숨결

자전거길을 따라 달리는 내내 정읍이 자랑하는 '정읍구경(井畝九景)'의 명소들을 만날 수 있다.

① 내장산 국립공원(출발권역)

조선 8경 중 하나로 꼽히며, 1971년 국립공원으로 지정됐다. 우화정 등 명소와 함께 '호남의 금강산'으로도 불린다.

📍 전북 정읍시 내장산로 1207

② 정읍사공원·달빛사랑숲(시내권 핵심 스팟)

현존하는 유일한 백제가요 '정읍사'를 주제로 조성된 공원으로, 망부상·노래비 등 스토리텔링 요소가 분명하다.

📍 전북 정읍시 정읍사로 541



동학농민혁명공원



만석보 터



월영습지·솔티숲

③ 동학농민혁명공원(역사 목적지)

1894년 동학농민군의 황토현 전승지에 국가사업으로 조성된 기념공원으로, 전시관·추모관·기념관 등이 있다.

📍 전북 정읍시 덕천면 동학로 742

④ 만석보 터(중점 인근, 역사의 현장)

만석보지는 동학운동의 시발점으로 알려진 장소로, 전북 기념물(제33호)로 소개된다. 정읍시 일정 안내에서도 동학 유적 코스에 포함)

⑤ 월영습지·솔티숲

국가생태관광지로 선정될 정도로 생태계가 잘 보존된 곳으로 소개된다. 자연 라이딩에 '한 번 더 숨 고르기' 좋은 코스이다.

📍 전북 정읍시 쌍암동 1029



라이딩의 피로를 단숨에 녹이는 정읍의 미식

정읍천 자전거길의 또 다른 묘미는 라이딩 전후로 즐길 수 있는 풍성한 지역 음식이다. 정읍의 맛은 자전거 여행의 만족도를 한층 더 높여준다. 참고로 아래 자전거길 내 주요 맛집도 좋지만, 정읍 시청이 추천하는 지역 대표 먹거리로 쌍화차·한우·내장산 산채비빔밥을 함께 소개하고 있어, 라이딩 후 회복식(국물/단백질/따뜻한 차) 구성도 참고해보자.



주요 맛집 및 연락처

식당명	대표 메뉴	위치/특징	연락처
대일정	참게장	전북 정읍시 태인면 수확정석길 3 (063-534-4030)	2대째 이어온 참게장 전문점으로 알려진 정읍의 대표 향토 맛집
명성쌈밥	돌솥쌈밥	전북 정읍시 수성택지1길 13-16 (063-533-3404)	10여 가지 반찬과 함께 즐기는 쌈밥 정식이 인기
아양촌해물칼국수	해물칼국수, 녹두해물전	전북 정읍시 송산1길 25 (063-532-3828)	시원한 국물의 해물칼국수와 녹두해물전이 유명
뽕골한우곰탕	한우곰탕	전북 정읍시 샘골로 188 (063-700-7177)	가마솥에서 오래 끓여낸 깊은 국물의 한우곰탕 전문점

참고자료

자전거 행복나눔 누리집(www.bike.go.kr), 정읍시청 문화관광, 대한민국 구석구석(한국관광공사)

(다음 호에 계속) - 자전거 도로 정보 제18편

왜 우리는 여전히 아스팔트와 콘크리트만 이야기하는가?

제1편 대체 포장 기술이 다시 주목받는 이유

이호정 | 한국도로협회 교육홍보실 차장



1. 기후위기와 도시 문제 - 기존 포장의 한계

도로 포장은 오랫동안 아스팔트와 시멘트 콘크리트를 중심으로 발전해 왔다. 이들 재료는 구조적 안정성과 시공 효율성 측면에서 가장 효율적이고 검증된 방법이고, 오늘날에도 도로 인프라의 근간을 이루고 있다. 그러나 최근 기후변화와 도시 환경 문제가 심화되면서, 기존 포장 체계만으로는 해결하기 어려운 한계 나타나고 있다.

집중호우와 도시 침수는 불투수 포장이 도시 물순환을 단절시킨다는 문제를 드러냈고, 폭염과 열섬 현상은 아

스팔트 노면이 도시 열 축적의 주요 요인 중 하나임을 인식하게 만들었다. 또한 교통소음과 도로 미세먼지 문제는 도로가 단순한 주행 공간을 넘어, 생활환경에 직접적인 영향을 미치는 시설임을 보여준다.

이러한 변화는 도로 포장에 대해 새로운 역할을 요구하고 있다. 이제 도로는 하중을 지탱하는 구조물에 그치지 않고, 물을 흘려보내고, 열을 조절하며, 환경 부담을 완화하는 도시 인프라로 역할을 확장하고 있다. 이 지점에서 투수·배수성 포장, 차열 포장, 저소음 포장 등 이른바 '대체 포장 기술'이 다시 주목받고 있다.

2. 정책과 기준의 변화 - 선택지가 된 대체 포장

대체 포장 기술이 다시 논의되는 배경에는 정책과 제도의 변화가 있다. 과거에는 기술이 존재하더라도 기준과 지침이 이를 따라가지 못해 현장 적용이 제한적이었다. 그러나 최근 중앙정부와 지방정부 차원에서 도로 분야의 탄소저감과 기후 대응을 명확한 정책 목표로 설정하면서 상황이 달라지고 있다.

국내에서는 도로포장 시공지침 개정을 통해 재활용 아스팔트, 중온 혼합물, 배수성 포장 등 저탄소·고기능 포장 기술의 적용 근거가 점차 명문화되고 있다. 이는 특정 기술을 강제하기보다는, 도로관리청이 조건에 맞는 대안을 선택할 수 있도록 제도적 여지를 넓혔다는 점에서 의미가 크다.

지방정부 차원에서도 물순환 회복, 폭염 대응, 생활환경 개선을 목표로 투수성 포장과 기능성 포장의 적용을 검토·확대하는 움직임이 이어지고 있다. 초기에는 비용과 유지관리 부담이 문제로 지적되었으나, 최근 기후재난 경험이 누적되면서 정책적 파단의 기준 역시 변화하고 있다.

<기존 포장과 대체 포장의 역할 인식 변화>

구분	기존 포장 중심 관점	대체 포장 도입 이후
핵심기능	교통 하중 지지	하중+환경 기능
물 관리	배수시설 의존	노면·포장체 자체 분산
열 관리	고려 대상 아님	열저감 기능 포함
정책 위기	표준 기술	선택 가능한 정책 수단

이처럼 대체 포장은 더 이상 '특수한 기술'이 아니라, 정책 목표를 달성하기 위한 하나의 수단으로 자리잡고 있다.

3. 기술 성숙과 국제 동향 - 실행 가능성의 확보

기술적 측면에서도 대체 포장은 실험 단계를 넘어섰다. 중온 아스팔트, 재활용 아스팔트, 장수명 포장 개념은 이미 북미와 유럽에서 공공도로에 광범위하게 적용되

고 있으며, 주요 도로 기관들은 이를 탄소중립 전략의 핵심요소로 다루고 있다.

해외 사례의 공통점은 명확하다. 새로운 포장을 도입하기보다, 기존 포장 체계를 개선하면서 온도 저감, 재료 순환, 수명 연장이라는 목표를 동시에 추구하고 있다는 점이다. 이는 기술 혁신에 급격한 전환이 아니라, 점진적 개선을 통해 이루어지고 있음을 보여준다.

국내 역시 일부 고속도로와 도시 도로를 중심으로 이러한 개념이 시범 적용되고 있으며, 성능과 시공성 측면에서 기존 포장과 큰 차이가 없다는 평가가 축적되고 있다. 결국 현재의 과제는 기술 개발 자체보다는, 이를 뒷받침할 기준 정비와 적용 경험의 확산에 가깝다.

<대체 포장 기술과 정책적 활용 목적>

기술 유형	주요 목적	정책적 활용 맥락
중온 아스팔트	에너지·배출 저감	탄소중립 이행
재활용 아스팔트	자원 순환	건설폐기물 감축
투수·배수성 포장	물 관리·안전	도시 침수 대응
장수명 포장	유지관리 최소화	생애주기 효율

4. 이제는 질문을 바꿀 때다

과거 대체 포장은 비용이 높고 관리가 어려운 '예외적 선택'으로 인식되었다. 그러나 기후위기와 도시 환경 변화, 정책 방향 전환, 기술 성숙이 맞물리면서 이러한 인식은 더 이상 유효하지 않게 되었다.

이제 중요한 질문은 "왜 아직도 아스팔트와 콘크리트만 이야기하는가"가 아니라, "어떤 조건에서 어떤 포장이 가장 합리적인가"로 바뀌어야 한다. 기술은 이미 준비되어 있고, 정책도 방향을 잡기 시작했다. 앞으로의 도로는 단순한 교통 시설을 넘어, 환경 부담을 줄이고 도시의 회복력을 높이는 기반 시설로 진화할 것이다.

그 변화의 출발점은 새로운 기술 그 자체가 아니라, 이를 선택지로 받아들이는 인식의 전환과 현장의 실천일 것이다. 

❶ 한국도로협회, 몽골 도로협회와 MOU 체결

한국도로협회는 지난 1월 21일 몽골도로협회(MRA)와 도로 인프라 기술 협업을 위한 양해각서(MOU)를 체결하였다. 이번 협약은 한국의 도로정책 및 기술 경험을 바탕으로 몽골 도로 인프라의 지속 가능한 발전을 지원하기 위해 추진되었다. 양 기관은 도로 분야 정책 교류, 전문 지식 및 전문가 네트워크 구축 등에 상호 협력하기로 합의하였다. 최희철 상근부회장은 “이번 협약이 양국 도로 기술 협력의 실질적 출발점이 될 것이며, 지속적인 교류를 통해 보완적인 성과를 창출하겠다”고 밝혔다.



❷ 한국도로협회, 2026년 미래도로 전문가 양성 교육 1차 성료

한국도로협회는 2026년도 제1차 미래도로 전문가 양성 교육을 성공적으로 개최하였다. 지난 1월 30일 협회 컨퍼런스룸에서 진행된 이번 교육은 도로교통 분야 종사자 20여 명을 대상으로 스마트 도로건설 기술의 실무 적용 방안을 다루었다. 특히 ‘스마트 기술로 새로운 길을 열다’라는 부제 아래 핵심 개념부터 정책 동향, 현장 사례까지 포괄적인 커리큘럼을 제공하여 교육생들의 큰 호평을 얻었다. 최희철 상근부회장은 스마트 도로 건설이 미래 경쟁력의 핵심임을 강조하며, “앞으로도 실무 중심의 교육 프로그램을 지속적으로 개발하고 체계화하여 전문가 양성에 박차를 가하겠다”고 밝혔다.



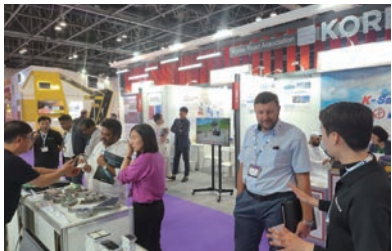
❸ 한국도로협회, 2026년 미래도로 전문가 양성 교육 2차 성황리에 마쳐

한국도로협회는 지난 2월 11일 협회 컨퍼런스룸에서 도로교통 분야 종사자 20여 명을 대상으로 ‘도로 분야 지하 모빌리티 건설 기술 실무 교육(II)’을 개최하였다. 이번 교육은 ‘도시 지하의 숨겨진 교통 네트워크, 지하고속도로의 미래를 디자인하다’라는 부제 아래 대심도 터널의 최신 설계 기준과 시공 원리를 파악하기 위해 마련되었다. 특히 구조적 안정성과 첨단 환기, 스마트 방재 시스템 등 지하도로 안전을 책임지는 핵심 기술을 공유하여 참석자들의 높은 관심을 끌었다. 최희철 상근부회장은 “지하도로 기술 교육의 필요성을 확인한 만큼, 이번 성과를 바탕으로 2026년 내에 교육 사업을 정례화하여 전문가 양성 토대를 마련하겠다”고 밝혔다.



❹ 한국도로협회, 인터트래픽 암스테르담 2026 한국관 운영 성료

한국도로협회는 지난 3월 10일부터 13일까지 네덜란드 RAI Amsterdam에서 개최된 ‘인터트래픽 암스테르담 2026’에 참가하여 한국관 운영을 성료하였다. 국내 도로 분야 중소기업 11개사가 참여한 이번 전시회에서 협회는 108m² 규모의 홍보관을 통해 상담액 약 1,000만 달러(130건), 향후 계약 가능액 약 400만 달러의 성과를 기록하였다. 특히 UAE 도로교통청 국장이 방문해 국내 기술력을 확인하는 등 한국관의 위상을 높였다. 한국도로협회 회원사인 ㈜지앤아이에테크 등은 현지 바이어와 시스템 계약을 구체화하며 중동 시장 진출의 발판을 마련하였다. 특히, 참가 기업들은 협회의 행정 및 통역 지원에 큰 만족도를 보였다. 최희철 상근부회장은 “앞으로도 우리 기업의 글로벌 시장 진출을 위한 교두보 역할을 강화할 계획”이라고 밝혔다.



❺ 한국도로협회, 2026년 제1차 이사회 및 제57회 정기총회 개최

한국도로협회는 2026년 2월 6일 성남 밀리토피아호텔에서 ‘2026년도 제1차 이사회 및 제57회 정기총회’를 개최하였다. 이번 행사는 ‘2025 고양 아시아·대양주 도로대회 제2차 조직위원 총회’와 동시 진행되었으며, 임원 및 대의원 등 총 88명이 참석하였다. 함진규 회장(한국도로공사 사장)의 주재로 열린 총회에서는 2025년도 사업실적 및 결산, 2026년도 사업계획 및 예산, 임원 선임 등 3개 안건이 모두 원안대로 가결되었다. 또한 도로교통 발전에 기여한 유공자를 표창하는 ‘2026 도로인상’ 수여식도 함께 거행되었다. 함진규 한국도로협회장은 “올해 확정된 사업계획을 중심으로 도로산업의 활로를 개척하고 교육 및 대외 협력 서비스를 강화할 방침”이라고 밝혔다.



2026 도로인상 수상자 명단	훈격	성명	소속	직위
	최고도로인	이해경	(주)다산건설터트	회장
		강경돈	한국도로공사	설계처장
	우수도로인	김호정	국토연구원	선임연구위원
		설영만	(주)대한	대표이사
		송건호	경상남도	도로과장
		신일섭	한신공영(주)	상무
		이명섭	(주)수성엔지니어링	부사장
	도로인	서보경	한국도로공사	부장
		안만홍	(주)삼보기술단	전무
		이태동	(주)케이알산업	부장
	우수도로기관	(주)건화	(주)건화	-
		디엘이앤씨(주)	디엘이앤씨(주)	-

❻ 한국도로협회, 프랑스 상베리 제17회 동계도로대회 대표단 파견

한국도로협회는 지난 3월 10일부터 13일까지 프랑스 상베리에서 개최한 ‘제17회 PIARC 동계도로대회’에 대규모 대표단을 파견하였다. 동계도로대회는 PIARC 주관으로 1969년부터 4년마다 개최되는 도로교통 분야에서 대표적인 동계 국제행사로 겨울철 도로 유지관리, 도로 회복탄력성, 기후변화 대응, 지속 가능한 도로 등 각국의 관련 기술과 정책을 공유하는 장이다. ‘Ensuring Road Excellence in All Seasons(사계절 도로의 탁월함 확보)’를 주제로 한 이번 대회는 동계도로 관리 및 기후변화 대응 기술을 공유했다. 국토교통부와 한국도로공사 등으로 구성된 대표단은 약 54m² 규모의 한국관을 운영하며 도로제설관리시스템, 도로위험기상정보시스템 등 스마트 동계도로 관리체계와 국내기업 동계도로 유지관리 및 탈탄소 기술장비 등 첨단 도로 기술을 선보였다. 특히 한국도로공사는 제5회 제설경연대회도 직접 출전해 실무 역량을 입증했다. 최희철 상근부회장은 “이번 대회를 통해 최신 기술 동향을 파악하고 글로벌 도로 분야에서 한국의 정책과 기술적 입지를 강화한 계기가 되었다”고 평가했다.





우수연구개발 혁신제품
도공기술마켓 인증제품
중소기업기술마켓 인증제품
기술개발제품 시범구매제품

탄소 저감형 순환 중온 개질 아스콘



윤성산업개발

www.yoonsungchoi.com



순환 중온 아스콘 국내 최초 GR 인증기업
(주)윤성산업개발

국가인적자원개발컨소시엄사업

KROAD 한국도로협회

미래도로 전문가 양성 교육 참여기업 모집

지원내용

지원대상 도로/교통/건설분야 관련 기업 재직자 대상

접수기간 상시 모집

- 협약 체결 후 3년 내 교육 이력이 없을 경우 협약해지

참여혜택 ① 교육제공(전액 무료 / 고용노동부 지원)

- 도로분야 관련 정책, 법제도, 기술 등 최신 트렌드 교육
- 도로사업 전 주기 실무 역량 강화 교육
- 디지털 전환, 국토공간 혁신, 기후위기 대응 등 국정과제 연계 교육

② 도로분야 특화 기업수요 맞춤형 교육

③ 교육 수료증 발급

신청방법 "협약서 작성" 후 메일 제출 ✉ edu@kroad.or.kr

※ 협약서 양식은 협회 홈페이지 공지사항 or QR코드 다운로드 가능

교육절차

- 1 협약서 작성 및 제출
 - 2 협약서 검토 및 승인
 - 3 수강신청
 - 4 수강 및 평가
 - 5 교육수료
- 협약기업 재직자에 한함.
 - 수료증 발급



협약서 양식

도로의 혁신, 교육에서 시작됩니다.