



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 용빙성능을 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

도로교통
2025 | 179

Journal of The Korea Road Association

Journal of
The Korea Road Association

도로교통

인	터	뷰	충청남도 최동석 건설교통국장 삼진스틸산업(주) 신현택 대표이사
정	책	인	사
특	집	이재명 정부의 건설정책 방향과 과제	
정	책	과	기
도	로	지	식
그	날	의	도
도	로	에	세
도	로	와	인
랜	선	도	로
역	사	의	길
자	동	차	이
사	찰	로	이
특	별	초	대
석			

2025 고양
아시아-대양주 도로대회
2025. 10. 26(월) ~ 10. 31(금)
고양 킨텍스(KINTEX) 제2전시장

179
www.kroad.or.kr



충청남도
최동석 건설교통국장



삼진스틸산업(주)
신현택 대표이사



한국도로협회장
김인태 명지대 교수



이 책은 한국도로협회
홈페이지에서 PDF로
보실 수 있습니다

한국도로협회

KROAD 한국도로협회



우수연구개발 혁신제품
도공기술마켓 인증제품
중소기업기술마켓 인증제품
기술개발제품 시범구매제품

탄소 저감형 순환 중온 개질 아스콘



순환 중온 아스콘 국내 최초 GR 인증기업
(주)윤성산업개발



www.yoonsungchoi.com



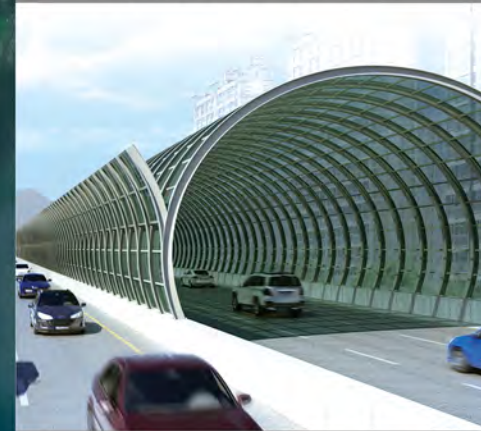
방음시설[중소기업기술마켓]



신축이음장치[혁신제품]



교량점검시설[혁신제품]



방음터널[중소기업기술마켓]

혁신기술을 선도하는



교량배수시설[중소기업기술마켓]



표지판[중소기업기술마켓]



비탈면 점검로[중소기업기술마켓]



도로교통시설물[중소기업기술마켓]

누리이앤씨(주)

www.nurienc.co.kr

- 본사: 경기도 용인시 기흥구 흥덕2로 87번길 18, 이씨티빌딩 B동 504, 505호
- 김천지사: 경상북도 김천시 구읍길 90
- 당진지사: 충청남도 당진시 송산면 동곡로 155-21 205호
- 공장: 경기도 화성시 송산면 송산동로 139

T: 031-214-2503 / F: 031-214-2501 / E: nr@nurienc.co.kr

토목공사업

금속구조물 · 창호공사업

기계설비공사업 전문



인터뷰

1. 충청남도 최동석 건설교통국장 6
2. 삼진스틸산업(주) 신현택 대표이사 14

정책 인사이드

- 이재명 정부의 건설정책 방향과 과제 22

특집

- 스마트건설기술 성과와 동향, 그리고 앞으로의 전망 26

정책과 기술

- 빅데이터 기반 도로 유지관리 기술 현황 및 제언 32

업무 속 도로지식

- 숫자와 그림으로 보는 터널 이야기
제11강 TBM 터널 리스크와 안전관리 40

그날의 도로

- 간척의 역사 위에 놓인 도로, 천수만로 이야기 54

도로에세이

1. 부산의 관문, 수탈과 희망으로 기억하는 영도대교 56
2. 미군정의 도로(7)길의 역사 27편 62

도로와 인문학

- 문화예술 속 교량의 미학 제10편_도개교 64

Connecting the world,
Thinking for the future

랜선 도로여행

- 충청남도 역사 여행 74

나라사랑 역사의 길

- 제6편_평화의 도시 화천, 6·25전적지를 가다 80

자동차 이야기

- 조랑말 신화의 뿌리 ④ 이게 경고야, 감탄이야? 84

사찰로 이어지는 길

- 부안 내소사 '천년 할머니 당산나무'와 '꽃문살' 88

도로 인사이드

1. 신규 회원사 (주)삼송마그마를 소개합니다 96
2. 자전거 도로 정보 14편_지자체 명품 자전거길 소개 100

알뜰정보

- 도로포장 위의 지속가능성, 어떻게 만들어갈까? 102

한국도로협회 소식

- 임보라 106

특별 초대석

- 한국블록협회 김인태 명지대 교수 108



표지사진 영도대교
(제공 ©한국관광공사 포토코리아-IR 스튜디오)

| 통권 제179호 |

- 계 간 도로교통
발행일 2025년 7월 16일
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, 이재욱, 류수지,
이종민, 이겨레, 윤유정, 박주훈,
이도근, 김정화, 노우현, 이현규,
임보라
편 집 박진우, 이호정
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.

“전국의 교통 중심지이자
균형발전의 선도지역으로 만들 것

도민의 삶을 바꾸는 안전하고 편리한 도로망 혁신을 통해
충남의 미래 100년을 준비할 것”



최동석 | 충청남도 건설교통국장

충청남도는 최근 수도권 1시간대 생활권을 목표로 서부내륙고속도로 개통, 서해선·경부고속선(KTX)연결사업 등 굵직한 교통인프라 구축에 박차를 가하고 있다. 지역균형발전과 지속 가능한 성장의 중심축으로서 도로와 교통정책을 주도하는 최동석 건설교통국장을 만나 충남도의 성과와 비전, 지역 도로망 혁신을 위한 노력을 들어봤다.



충청남도
Chungcheongnam-do

최동석 건설교통국장을 만나다

____ 충청남도 건설교통국이 최근 거둔 주요 성과와 앞으로의 추진 계획에 대해 말씀 부탁드립니다. 특히 서부내륙고속도로 개통, 서산공항 등 굵직한 사업들이 궁금합니다.

올해 우리 충남도 건설교통 분야에서 여러 의미 있는 성과가 있었습니다. 그중 하나가 서부내륙고속도로 개통입니다. 지난 12월에 평택에서 부여까지 왕복 4차로 94km 구간을 개통하여 충남 서남부와 수도권 남부를 잇는 새로운 축이 마련되었죠. 이로써 수도권에서 충남 서해안 지역까지 이동시간이 크게 단축되어, 이제 수도권 서남부에서 충청권 서남부까지 1시간대 접근이 가능해졌습니다. 이 외에도 당진~대산 고속도로 착공, 충남 서북부 산업단지와 연계한 도로망 확충, 충남 서해안 관광벨트 구축 등을 추진하여 도민들이 체감할 수 있는 성과를 내는 데 집중하고 있습니다.



____ 충청남도에서 중점적으로 검토하고 있는 도로 사업은 어떤 것이 있습니까?

태안 지역에 고속도로 연결의 애로사항을 해소하고, 서해안의 관광 및 물류 중심지로 도약하는 태안~안성 민자고속도로가 검토되고 있습니다. 이 사업은 현재 KDI에서 적격성조사를 진행하고 있습니다. 또한 충남의 동서간 교통축을 더욱 강화하기 위해 보령~대전 고속도로를 국가계획에 반영시키는 방안도 적극 추진하고 있습니다. 이를 통해 충남 전역이 고속도로로 효율적으로 연결되는 교통망을 구축할 계획입니다.



최동석 국장이 지난 2월 28일에 2025 건설행정 토론회를 개최해 도내 시군과 협력방안을 논의했다.

충청남도가 추진 중인 제6차 국도·국지도 건설 계획의 주요 내용이 궁금합니다.

충청남도는 총 19개 사업을 반영했습니다. 이 중에는 태안 이원~서산 대산 국도 건설(가로림만 해상교량), 보령 주산~웅천, 천안 병천~동면, 아산 송악 거산~유곡 등의 국도 확장 사업이 포함되어 있습니다. 총 연장 129.5km에 사업비는 약 2조 6천억 원 규모입니다. 가로림만 해상교량은 태안군 이원면 만대항과 서산시 대산을 독곶리를 연결하는 왕복 2차로의 해상교량(2.5km)과 접속도로(2.8km)를 포함한 총 5.3km의 도로를 건설하는 사업입니다. 총 사업비는 약 2,600억 원으로 예상되며, 사업이 완료되면 이동 거리가 70km에서 2.5km로, 시간은 약 90분에서 약 3분으로 단축됩니다. 이 교량이 건설되면 태안과 서산 간

이동 시간이 대폭 단축되어 지역 주민의 교통 편의성이 향상됩니다. 또한, 국제해양레저관광벨트 구축과 가로림만 국가해양생태공원 조성 등을 뒷받침하며, 이미 개통한 원산안면대교, 보령해저터널과 함께 충남 서해 관광 활성화에 견인할 핵심 인프라로 자리매김하게 됩니다.

많은 성과들이 눈에 돋보입니다. 도로 이외에도 가장 의미 있다고 생각하는 사업이 있다면 소개 부탁드립니다.

여러 성과가 있지만, 특히 서해선·경부고속선(KTX) 연결사업의 추진을 꼽고 싶습니다. 충남 서해안 지역에 KTX를 연결하는 일은 도민들의 오랜 염원이자 지역 발전의 결정적 전환점입니다. 이번 예타 통과로 홍성에서 서



최동석 국장이 도청 프레젠테이션에서 건설교통국 역점 사업을 보고하고 있다.



최동석 국장이 인터뷰 중에 제6차 국도·국지도 건설계획 반영사업을 설명했다.

울까지 45분대 이동이 가능해져 충남도 '수도권 1시간 생활권' 시대에 한 발 다가섰습니다. 수도권에 집중되었던 고속철도 혜택을 충남 서북부까지 넓혔다는 점에서 균형 발전에도 큰 의미가 있습니다. 이처럼 지역 숙원 사업을 현실로 만든 것이 가장 보람된 성과라고 생각합니다.

이러한 대규모 인프라 사업들을 추진하면서 지방정부로서 현실적으로 부딪히는 어려움도 많을 것 같습니다.

재정적 어려움이 가장 큰 과제입니다. 대규모 SOC 사업은 도 예산만으로는 당연히 한계가 있기 때문에 국가 예산 확보가 필수적입니다. 이를 위해 충남도는 올해 정부 예산으로 약 10조 9천억 원의 국비를 확보했습니다. 역대 최대 규모의 국비 지원을 이끌어낸 것으로, 중앙부처와 국회를 설득하기 위해 우리 부처 공무원들 모두 총력을 다 한 결과입니다.

예산 부족이나 중앙정부 승인 절차 등의 문제는 어떻게 극복하고 계신가요?

저희 건설교통국은 주요 현안 사업들이 국가 계획에 반영될 수 있도록 전문가 자문, 자체 연구용역, 관계기관 협의 등을 거쳐 타당성 논리를 개발하고 있고, 중앙정부에 꾸준히 건의하여 많은 사업들을 관철시켰습니다. 태안~세종 고속도로 축이나 보령~부여 고속도로 축 등을 국가도로망 계획에 포함시키고, 서해안권 국도 승격이나 제2서해대교 건설 등을 이끌어낸 것이 그런 노력의 결과입니다. 아울러 민간자본 활용도 적극 검토하여, 서부내륙 고속도로처럼 민자사업으로 추진할 수 있는 것은 추진함으로써 재정부담을 줄이고 사업 속도를 높이고 있습니다. 마지막으로, 주변 지자체 및 정치권과의 공조도 중요합니다. 우리 충남을 중심으로 경기남부 및 충청권 도시들과 연대하여 공동 건의문을 제출하거나 비용 부담 방안을 마련하는 등 협력 전략을 쓰고 있습니다.

___ 중장기적으로 바라보는 충남 건설교통의 비전이나 목표가 있다면요?

중기적으로는 현재 추진 중인 핵심 사업들을 차질 없이 완수하는 데 집중하고 있습니다. 대산~당진 고속도로 등 진행 중인 고속도로 건설을 착실히 진행하고, 국도와 지방도 확충을 통해 도내 교통망의 미흡한 연결 구간을 개선할 것입니다. 장기적으로는 균형발전 선도 지역이자 광역 교통의 허브로 자리매김하는 것을 목표로 하고 있습니다. 수도권과 충청·호남을 아우르는 교통축을 충남이 연결함으로써, 전국 어디서나 충남까지 편리하게 접근하는 교통거점 지역이 되고자 합니다. 예를 들어 베이벨리(아산만권) 메가시티 등 대규모 지역개발 구상도 탄탄한 교통망이 뒷받침되어야 성공할 수 있습니다. 앞으로 10년, 20년을 내다보며 도로·철도·항만·공항을 아우르는 다각도의 교통망을 구축해 50년 미래를 대비하는 SOC 투자를 해나갈 것입니다. 아울러 스마트 교통 인프라와 자율주행 시범운행지구 등을 도입하여 미래 교통환경 변화에도 선제적으로 대비하고자 합니다.



___ 큰 성과 뒤에는 이를 이끈 공직자들의 역량이 있었을 것이라 생각합니다. 충남도 건설교통국 공무원들의 전문성과 노력에 대해서도 한 말씀 부탁드립니다.

아무리 좋은 정책과 비전이 있어도 이를 집행하는 것은 사람의 몫이고, 우리 건설교통국 직원들이야말로 충남 발전의 주역입니다. 저는 함께 일하는 직원들의 전문성과 헌신에 늘 감사하고 있습니다. 실제로 충남도 공무원들은 자기 자리에서 묵묵히 최선을 다한 덕분에 대외적으로도 뛰어난 평가를 받고 있습니다. 예를 들어, 2024년 국토교통부 주관 교통안전 시책 평가에서 충남도가 전국 9개 도 중 1위를 차지했습니다. 교통사고 사망자 수를 최근 몇 년 사이 크게 줄이는 등 유의미한 성과를 거둔 결과인데요, 2021년 265명이던 교통사고 사망자가 2023년에는 198명으로 감소하는 등 뚜렷한 개선을 이루었습니다.



___ 건설교통국 조직을 이끌면서 직원들에게 특별히 강조하는 점이 있다면 무엇인가요?

저는 우리 직원들에게 늘 현장 중심의 업무 태도와 적극적인 행정을 강조합니다. 책상 앞의 계획이 현장에서 제대로 구현될 때까지 책임지는 끝까지 책임 행정이 중요하지요. 이를 위해 간부부터 실무자까지 수시로 사업현장을 찾아 진행 상황을 점검하고 애로 사항을 청취하도록 독려하고 있습니다. 아울러 부서 간 팀워크와 협업을 통해 복잡한 현안을 함께 풀어나가는 조직문화를 가꾸고자 합니다. 변화하는 기술과 제도에 대응할 수 있도록 전문성 향상 교육도 강조하며, 무엇보다 공직자로서 도민을 위한 헌신의 가치를 항상 새기도록 당부하고 있습니다.

___ 도로정책 측면에서 새정부에게 건의하거나 강조하고 싶은 부분이 있으신가요?

국가 차원의 도로정책이 지역 균형발전 관점에서 추진되기를 바랍니다. 그동안 수도권 위주로 구축된 간선망을 전국으로 고르게 확충하여 동서남북 균형있는 교통망을 만들어야 합니다. 예를 들어 충남권과 같은 서해안 지역에도 광역 교통시설 투자를 강화해달라는 것이 지방의 꾸준한 목소리입니다. 또한 노후 도로나 교량에 대한 선제적 유지보수 지원과 안전 투자도 국가 정책에서 비중 있게 다뤄주셨으면 합니다. 아울러 미래와 여가문화를 대비해 인공지능을 활용하는 AI 유지관리와 친환경 인프라, 관광도로 활성화 지원, 지속가능한 인력양성에 대한 국가 차원의 과감한 투자와 전략도 필요하다고 보고 있습니다.



한국도로협회 최희철 부회장이 최동석 국장과 인터뷰 후 기념촬영 하였다.

___충남도의 도로정책 방향은 국가 전략과 어떻게 맞물려 있나요?

충남도의 도로정책은 정부의 주요 교통·국토개발 전략과 보조를 같이하며 시너지를 내도록 하고 있습니다. 예를 들어 정부의 국가균형발전 추진에 발맞춰 충남의 지역 도로망을 인근 대전·세종·충북 등 충청권 메가시티 광역교통망과 연계시키고 있습니다. 또한 정부의 탄소중립 정책에 호응하여 대중교통 인프라 확충, 전기차·수소차 충전시설 확충 등 친환경 교통체계 구축을 병행하고 있습니다. 정부의 도로투자계획 수립 시에도 우리 도의 사업들이 반영되도록 중앙부처와 긴밀히 협력하고 있습니다. 이런 노력으로 국가 전략 목표인 지역균형발전과 지속가능한 교통체계 구축에 충남이 적극 기여하고 있다고 봅니다.

___한국도로협회와는 어떤 협력 관계를 맺고 계신가요?

한국도로협회는 우리 충남과 좋은 파트너십을 구축하고 있습니다. 특히, 협회와 공동 주관하는 각종 세미나와 기술교류 행사에 우리 도청과 도내 시군 공무원들이 참여해 최신 도로기술과 정책 정보를 얻고 있어 우수 사례와 노하우를 서로 배우는 기회를 갖습니다. 이러한 협력을 통해 도로정책 추진에 필요한 전문성을 높이고, 중앙정부나 유관 기관과의 소통 창구도 넓어지고 있습니다. 이와

함께 빠르게 변화하는 기술 트렌드에도 관심을 갖고 전문성을 키워야 합니다. 한국도로협회를 통해 직무 지식을 얻을 기회가 있다고 하니 후배 공무원분들은 교육프로그램을 최대한 활용하면 좋겠습니다.

___끝으로 충남 도민들에게 전하고 싶은 당부나 메시지가 있다면 말씀해주세요.

충남 발전을 위해 함께 힘을 모아주시는 220만 도민 여러분께 진심으로 감사드립니다. 저를 비롯한 건설교통국 모든 직원들은 안전하고 편리한 생활환경을 만드는 일을 최우선 과제로 삼고 노력하겠습니다. 각종 SOC 사업을 추진하는 과정에서 도민분들께 불편을 드리는 경우도 있지만, 그것마저도 더 나은 미래를 위한 과정임을 이해해 주시면 감사하겠습니다. 앞으로도 도민 여러분의 소중한 의견에 귀 기울이고 소통하면서, 보다 살기 좋은 충남을 만들어 가겠습니다. 감사합니다.

최동석 국장은 인터뷰를 마무리하며 충남도의 교통망 확충과 SOC 인프라 구축이 도민 삶의 질 향상과 지역 경제 활성화의 핵심임을 강조했다. 앞으로도 도민 중심의 도로정책 추진과 전국의 교통 중심지로 자리 잡을 수 있도록 한국도로협회에서도 협력을 강화해 나갈 것이다.



최동석 충청남도 건설교통국장은 1966년 충남 계룡 출신으로 충남대학교에서 토목공학을 전공한 도로교통 및 SOC 분야의 전문 행정가다. 충남도청에서 건설본부장, 해운항만과장을 비롯해 도로사업, 관광산업 및 안면도 개발, 상하수도 관리 등의 핵심 직책을 두루 맡아 탁월한 성과를 인정받았다. 특히 당진시 건설도시국장 시절 지역의 발전을 이끌어 전략적 도시 건설을 성공적으로 수행했다. 2025년 1월 충남 건설교통국장으로 부임한 후, 도내 주요 SOC 사업을 진두지휘하며 충남의 교통 인프라 혁신을 주도하고 있다.

도로와 구조물의 붕괴 방지 핵심 자재를 생산하는 삼진스틸산업(주)

신현택 대표이사를 만나다

“친환경 제품 생산과 품질 제일 경영 실천”

“지반 안정화의 미래를 책임지는 기업, 적극적인 해외시장 공략을 통해 글로벌 지반 보강 전문제품 제조기업으로 도약할 것”



현대 사회에 있어 중추적인 혈관과 같은 도로, 교량, 터널의 복잡한 네트워크는 국가 발전과 우리의 삶에 필수적인 기반 시설이다. 최근에 지하 고속도로와 교량과 같은 대형 프로젝트와 노후 인프라의 유지보수가 더욱 중요해지면서 삼진스틸산업(주)의 지반 보강 기술이 축적된 제품이 지속적으로 필요해지고 있다. 이 거대한 인프라의 눈에 보이지 않는 곳, 바로 지반 아래에 있는 구조물의 균형과 안정성을 보장하는 핵심적인 기술과 노력이 숨어 있다. 특히 노후화되는 인프라, 끝없이 증가하는 교통량, 그리고 자연재해에 대한 예방과 대비가 더욱 중요해지는 시점에서, 지반 보강 기술과 관련 자재는 그 어느 때보다 중요한 역할을 하고 있으며, 늘 이슈의 중심에 있다. 이러한 중요한 시기에 지반 보강 토목자재 토탈 솔루션 기업인 삼진스틸산업(주) 신현택 대표이사와의 인터뷰를 통해 기술적 역량, 기술 공헌과 적용 사례, 미래 비전을 심층적으로 조명하여, 대한민국 도로, 교통 인프라의 현재와 미래를 살펴보고자 한다.



삼진스틸산업(주)

SAMJINSTEEL INDUSTRY Co.,Ltd.

삼진스틸산업 주식회사는 토목 및 건축 공사용 보강재로 사용되는 그라운드 앵커, 락볼트, 쏘일네일링, 강섬유 등을 생산 및 판매하는 제조회사이다.

삼진스틸산업(주)의 탄생과 성장

삼진스틸산업(주)는 도로, 사면, 터널, 교량 등 인간의 삶과 공간을 연결하는 핵심적인 시설의 기초 분야에서 대한민국의 안전을 떠받치는 핵심 기술이 축적된 토목 자재를 개발하고 만들며 성장해온 기업이다. 신현택 대표이사는 2001년 회사를 창립하여 수십 년간 한 길만 걸어왔다. 회사 설립 당시만 해도 특수 앵커나 보강재 분야는 해외 기술에 의존하던 시절이었다. 신 대표는 국내 토목 시공 기술과 조합될 수 있는 토목 자재의 기술 개발에 심혈을 기울였고, 삼진스틸산업(주)는 지금까지 그라운드 앵커, 락볼트, 에폭시 코팅 철근, 네일링, 강섬유 등의 제품과 관련 부자재의 직

접 생산을 시도하였으며, 토목 자재 전문 기업으로 국내 인프라 안전에 일조하는 기업이 되었다. 신 대표의 목표는 분명했다. 바로 '최고의 기술로 국민의 안전에 기여할 수 있는 제품 개발을 통해 모든 토목 공사 현장에 만족을 기여한다'는 것이다. 이러한 신념 아래 삼진스틸산업(주)은 작은 부품 하나도 저품질에 타협하지 않는 원칙을 지켜왔다. “우리가 만든 제품 하나하나가 국가의 기반 시설을 떠받치는 역할을 한다는 사명감으로 일하고 있습니다”라고 그는 말한다. 이러한 열정으로 달려온 삼진스틸산업(주)은 이제 국내 도로교통 인프라 관련 분야에서 기술력과 신뢰를 갖춘 강소기업으로 성장했다.





신현택 대표이사가 회사 역점 사업을 설명하고 있다.

앵커에서 락볼트, 쏘일네일링, 강섬유까지 보이지 않는 곳을 더 안전하게

“눈에 보이지 않아도 가장 중요한 것이 바로 ‘기초’입니다.” 삼진스틸산업(주)의 핵심 제품은 도로나 구조물 등 보이지 않는 곳에서 지반의 균형을 유지하고 보강하는 역할을 하는 다양한 앵커체와 토목 보강재다. 그중 대표적인 그라운드 앵커는 구조물을 지반에 안정적으로 고정하기 위해 지반 내부에 설치하는 인장 재하 구조물이다. 쉽게 말해, 지반 내부에 강선을 삽입한 후 긴장시켜 붕괴를 방지하는 지반 보강 효과 및 구조물의 안정성을 확보하는 역할을 한다. 삼진스틸산업(주)는 국내 환경에 적합하고 다양한 종류의 토목 시공법에 맞는 앵커 솔루션을 개발하여, 맞춤형 앵커를 다양한 현장에 적용하고 있다.

쏘일네일링 공법은 경사진 지반에 철근 보강재를 삽입하고 그라우트를 주입해 토양을 강화하는 방식이다. 삼진스틸산

업(주)는 이 공법에 필요한 고강도 보강재와 부자재의 기술력을 보유해 국내 도로 사면 보강 현장에서 큰 역할을 하고 있으며, 설계회사와 시공기업과의 협업을 통한 다양한 특허 공법에 적용되는 자재를 제공하고 있다. 신 대표는 “쏘일네일링은 1970년대 프랑스 베르사유에서 처음 도입된 이후 전 세계에서 표준화된 사면 안정화 기법으로 자리 잡았다. 우리 삼진스틸산업(주)는 이러한 세계적 기법을 국내 실정에 맞게 적용하여 산악 지형이 많은 우리나라 도로 및 사면 현장에서 안전성과 시공성을 높이는 데 일조하고 있다”고 강조했다. 락볼트 역시 터널 구조물의 핵심 제품이다. 터널 공사 시 암반에 삽입하는 철봉으로, 암반을 안정적으로 지탱한다. 설치가 쉽고 경제적이어서 여러 터널 현장에서 신뢰받고 있으며, 특히 특허 제품이자 도로마켓 등 록 제품인 CT락볼트는 용수가 많이 나오는 해저터널 및 발전소의 터널에서 차수와 부식을 방지하는 역할이 크며, 후

크를 통해 정착률이 크게 향상되어 흠이 무너지지 않고 완벽하게 정착되어 편리한 시공성과 안정성을 제공한다. 삼진스틸산업(주)는 제품 하나하나에 엄격한 테스트를 통해 표준화된 높은 품질과 내구성을 유지하고 있다. 신 대표는 “터널 공사는 안전과 직결되기에, 당사의 락볼트 하나하나에 엄격한 테스트를 거친다”고 강조한다. 이러한 노력으로 삼진스틸산업(주)의 락볼트와 CT락볼트는 일관된 강도와 내구성을 인정받아 터널 굴착 현장에서 신뢰받는 핵심 자재가 되었다. 에폭시 코팅 철근은 철근 표면에 에폭시 수지를 입혀 부식에 대한 저항성을 강화한 제품이다. 사면, 교량이나 항만 등 염분에 노출된 환경에서 철근의 부식을 방지하여 구조물의 수명 연장과 내구성을 크게 높인다. 삼진스틸산업(주)는 최고 수준의 기술로 코팅 철근 제품을 생산하며, 철저한 품질 관리를 위해 혼신의 힘을 다하고 있다. 신 대표는 “눈에 보이지 않는 철근일수록 품질이 더욱 중요하다”며, 코팅 두께 하나까지 꼼꼼히 관리하는 품질 제일주의 철학을 전하고 있다. 강섬유는 콘크리트 보강재로서 콘크리트 내에 혼입되어 인장력, 충격 저항성, 균열 저항성을 강화시키는 제품이다. 다시 말해, 콘크리트의 약한 인장력을 보완하여 터널 구조물의 강도를 향상시키고 수축 균열 및 크랙을 방지하며, 충격 및 반복 하중에 대한 저항력을 증가시키는 역할을 한다. 삼진스틸산업(주)는 이미 명실상부 국내 최고의 토목 구조물 보강재 종합 솔루션 기업으로 자리 잡고 있다.



한국도로협회 최희철 상근부회장이 신현택 대표이사와 인터뷰하고 있다.

도로 인프라 안전에 대한 공헌과 적용 사례

삼진스틸산업(주)의 기술은 우리 국토의 도로, 교량, 터널, 옹벽, 사면, 지하 구조물 등 사회 기반 인프라 시설의 안전을 책임지는 지반 보강 자재를 전문적으로 생산하는 제조업체이다. 예를 들어, 전국 고속도로의 높은 옹벽 뒤에는 삼진스틸산업(주)의 영구 앵커와 에폭시 코팅 철근(네일링 자재), 락볼트 등이 지반을 단단히 묶어 산사태를 방지하고 지반의 균형을 유지한다. 경부, 영동, 서해안, 중앙, 서울-양양, 평택-제천, 서천-영덕, 구리-포천, 포항-영덕, 밀양-창녕, 김포-파주 고속도로 등 주요 산악 구간에서도 절개 사면 붕괴를 예방하고, 터널 진입 구간과 터널 내부 시설물의 안전에 중요한 역할을 수행해왔다. 특히 삼진스틸산업(주)의 CT 락볼트는 보령~태안, 인천~김포, 신안 압해~화원, 남해~여수 등의 해저 구간 관통 터널 시공에서 차수 및 부식 방지에 탁월한 효과를 발휘하며 터널 붕괴 위험을 크게 낮춰주는 역할을 하였다. 교량 분야에서도 에폭시 피복 철근을 사용해 인천대교 및 광안대교, 간척지 주변의 택지 개발 현장 등 바닷가에 위치한 도로와 교량, 시설물들의 철근 부식을 방지하여 구조물의 내구성을 높여왔다. 삼진스틸산업(주)는 단기간의 이익보다는 오랜 시간 동안 사회 인프라의 안전을 지켜나갈 수 있는 기술을 유지하고 개발하며, 대한민국의 기반시설이 더욱 안전하고 지속가능해질 수 있도록 가장 밑에서 눈에 보이지 않는 기초를 책임지는 버팀목이 되고 있다.

지속가능한 인프라 유지보수와 대응

1970~80년대에 건설된 도로, 교량, 터널 등의 시설물이 노후화되면서 안전사고의 위험이 갈수록 높아지고 있다. 이러한 흐름 속에서 삼진스틸산업(주)는 사회 기반 인프라 시설의 유지보수 현장에서 중요한 역할을 맡고 있다. 신 대표는 “이제는 새로 짓는 시대가 아니라, 잘 돌보고 고쳐 쓰는 시대”라며 선제적인 유지관리의 중요성을 강조한다. 삼진스틸산업(주)는 노후 구조물의 수명을 연장하고 성능을 복원하는 기술 개발에 힘써 왔는데, 이는 사후 대응이 아닌 사전 예방적 유지보수에 초점을 두고 있는 것이다. 특히, 시간이 지날수록 지반 보강 자재의 인장력과 긴장이 약해지고, 보강재의 이탈 현상으로 인해 지반 붕괴의 위험성이 높아지는 점에 착안해 기존 지반 시설물의 보강재와 신규 시설물의 보강재에



사내 공장에서 그라운드 앵커를 생산하고 있는 모습

적용할 수 있는 새로운 개념의 인장재를 개발하여, 유지보수 비용을 확연히 줄이고 노후화된 시설물을 효과적으로 관리할 수 있는 효율적인 유지관리 시스템을 준비해 놓았다. 이미 오래전부터 하중 센서를 앵커에 부착해 구조물 상태를 실시간으로 점검하는 기술 개발을 연구 기업들과 함께 진행해 오고 있다. 신 대표는 “앞으로는 토목의 ‘기초’ 분야에도 안전과 환경을 모두 고려한 스마트한 기술이 필요하다”며 지속가능한 인프라 관리의 중요성을 강조했다.

예방적 유지관리 비용 늘려야

삼진스틸산업(주)는 정부와 지자체에 대한 제언도 아끼지 않고 있다. 신 대표는 우선 유지보수 예산의 확충을 강조한다. 앞으로는 “새로운 도로를 1개 놓는 것보다 기존 10개의 도로를 제대로 보수하는 게 더 중요한” 시대인 만큼, 예방적 유지보수에 대한 예산 비중을 늘려야 한다는 주장이다. 지금부터 계획적인 투자와 기금 조성으로 재원을 확보하고, 노후도에 따른 단계별 보수 계획을 수립해야 한다고 신 대표는 조언한다. 또한 품질 기준 강화와 성능 인증제 도입을 통해 저가 경쟁을 방지하고 전문성을 확보해야 한다고 제언했다. 구체적으로 일정 규모 이상의 공사에는 반드시 인증된 제품과 전문 시공사를 투입하도록 제도화하고, 신기술의 조기 현장 적용을 위한 지원을 확대해야 한다고 전한다. 신 대표는 발주처 관계자들에게도 최신 보강 기술



과 안전 자재의 중요성을 충분히 인식하고 적극 활용해 줄 것을 부탁했다. 정부와 민간, 전문가가 머리를 맞대고 사회 기반 인프라 시설의 안전과 유지관리 대응을 위한 선제적이고 종합적인 정책을 추진해 나갈 때임을 삼진스틸산업(주)는 강조하고 있는 것이다.

기술 혁신과 품질 관리가 삼진의 신뢰를 만드는 힘

삼진스틸산업(주)는 그리 길지 않은 회사 연혁에도 불구하고 기술집약형 기업으로 빠르게 성장하여 30여 건 이상의 특허를 보유하고 있으며, KS, 기술혁신형 중소기업 INNO-BIZ 인증과 ISO 9001:2000 품질경영시스템 인증을 획득하며 기술력과 품질관리 역량을 대외적으로 인정받았다. 이러한 배경은 삼진스틸산업(주)가 그라운드 앵커, 락볼트, 쏘일네일링, 강섬유 등 단순히 지반 보강 제품을 생산하는 것을 넘어, 기술의 성능과 장기적인 신뢰성을 보장하기 위해 엄격한 품질 관리와 시험 과정을 거친다는 의미다. 특히, 사내 기술연구소는 앵커 시험용 좌대, 1000kN 만능재료시험기를

통해 PC 강선, 철근, 락볼트 등의 인장 시험 및 앵커 정착부 성능 시험을 수행하며, 로드셀 및 변위계 검교정 장비를 활용하여 각종 제품의 측정 정확도를 검증한다. 또한, PC 강선과 같은 핵심 부품에 한국산업표준(KS D 7002)을 준수하고, KS E 3132(락볼트 및 그 구성 부품) 인증을 보유하는 등 자사 제품 전반에 걸쳐 품질을 확보하려는 노력을 기울여왔다.

삼진스틸산업(주)의 경쟁력은 끊임없는 기술 혁신과 연구 개발에 대한 투자에서 시작된다. 최근까지도 한국도로공사 도공기술마켓 등록, 국가 인증, 서울대학교, 도로연구원과의 산학 공동 연구과제, 논문 게재 등의 활발한 외부 활동은 그들이 학계 및 산업계와 긴밀히 협력하며 기술 발전에 기여하고 있음을 보여준다. 신 대표는 “다각적인 R&D 수행은 공공 사회 기반 인프라 프로젝트를 담당하는 전문가를 비롯해 관계 공무원들에게 삼진스틸산업(주)의 기술적 자문과 협력이 가능한 신뢰할 수 있는 파트너임을 확신시켜 주고 있다”고 강조했다.



삼진스틸산업이 러시아 TECHNINICOL 임원진을 초청하여 기술교육을 진행하였다.



글로벌 진출과 친환경·스마트 기술로 도약 준비

삼진스틸산업(주)는 글로벌 시장 진출과 기술 고도화에 주력하고 있다. 신현택 대표는 “국내에서 인정받은 기술을 해외로 확대하고자 한다”며, 특히 동남아시아와 중동, 유럽 지역을 주요 시장으로 보고 있다. 이미 베트남, 호주, 뉴질랜드, 스페인, 이집트, 라오스 등 국가 프로젝트에 자사 제품을 시범 적용하며 점진적으로 신뢰를 구축하고 있다. 신 대표는 “향후 10년 내 해외 매출 비중을 30% 이상으로 늘리는 것이 목표”라고 밝혔다. 기술 측면에서도 앞서 언급한 스마트 센싱 앵커와 IoT 기반 시설물 모니터링 플랫폼을

끊임없이 개발 중이다. 앵커에 장력 센서를 부착하여 실시간 데이터를 분석하고, 구조물의 상태를 정확히 예측해 유지보수를 효율적으로 수행하는 기술이다. 또한 저탄소 소재와 에너지 효율성을 높이는 생산 공정을 도입해 친환경적 접근도 강화하고 있다. 신 대표는 “국제 친환경 인증과 ESG 경영 강화를 통해 세계 시장에서 경쟁력을 갖추겠다”고 말했다.

한국도로협회와 협력해 더 안전한 도로 만들 것

삼진스틸산업(주)는 한국도로협회와의 지속적인 협력을 통해 도로 안정성을 높이는 데 주력하고 있다. 2024년 7월, 양측은 도로 인프라 안전 향상을 위한 업무협약(MOU)을 체결하며 회원사 협력의 새로운 모델을 만들고 있다. 특히, 협약 이후 해외 공무원과의 기술 세미나를 함께 진행한 바 있으며, 협회 회원사와 공무원 대상 도로 비탈면 안정화 기술 교육과 최신 보강 기술 교육을 위한 강의로 공동 추진할 예정이다. 또한, 협회에서 추진하는 연구에도 참여해 현장 데이터와 노하우를 정책에 반영할 예정이다. 신 대표는 “우리 기술과 경험이 협회의 플랫폼을 통해 더 많은 사람들과 공유되고, 도로 안전을 발전시키는 데 기여할 수 있어 기쁘다”며 지속적인 협력을 다짐했다.



삼진스틸산업 신현택 대표이사가 국가 산업발전 공로를 인정받아 지난 2018년 5월 17일 국무총리표창을 받았다.



한국도로협회 최희철 부회장이 신현택 대표이사와 인터뷰 후 기념촬영하였다.

삼진스틸산업(주)의 행보는 기술적 혁신과 사회적 책임을 바탕으로 사회 기반 인프라의 안전과 지속 가능성을 위한 동반자가 되어가고 있다. 인프라 안전에 대한 접근 방식에 문제가 발생했을 때 해결하는 사후 대응을 넘어, 사전에 위험을 예측하고 예방하는 능동적인 방향으로 나아가고 있다. 특히 노후화되는 국내 인프라와 기후 변화로 인한 자연재해의 증가를 고려할 때, 이와 같은 선제적인 노력은 공공 자산의 장기적인 유지보수 비용을 절감하고 국민의 안전을 최우선으로 하는 정책 결정자들에게 매우 중요한 의미를 지닌다. 기술 혁신과 품질 제일주의를 통해 시장에서 차별화된 경쟁력을 확보하고, 고위험 인프라 프로젝트에서 신뢰할 수 있는 파트너로서, 삼진스틸산업(주)가 앞으로도 입지를 굳건히 해 나가기 바란다.

이상호 (주)유창이앤씨 부회장은 국내·외 건설산업에서 명성을 쌓아온 저명한 전문가이다. 서울대학교 정치학과를 졸업하고 동 대학원에 서 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 새롭고 전문적인 시각을 제시하며, 국내 건설산업이 나아가야 할 방향에 대한 깊이 있는 내용을 담았다.

LEE

이상호의 건설정책 포커스

이재명 정부의 Sang-ho 건설정책 방향과 과제

“이재명 정부의 건설정책은 ‘실용적 시장주의’를 기반으로 생산성 향상과 민간시장 활성화를 목표로 한 구조적 혁신을 추진해야 할 것”

“미래 건설산업 경쟁력을 확보하기 위해서는 엔지니어링 중심으로의 전환과 함께 AI, 스마트 건설기술 등 적극 도입할 것”



(주)유창이앤씨
이상호 부회장

6.3 대선을 거쳐 ‘실용적 시장주의’를 기치로 내건 이재명 정부가 출범했다. 이재명 정부의 정책 방향에 대한 관심은 높은 편이지만, 아직은 ‘실용적 시장주의’가 구체적으로 무엇을 의미하는지 잘 모르겠다. ‘시장주의’에 초점을 둔다면 정부의 시장 개입을 축소하고 민간시장의 활력을 회복하는 것이 중요하다. ‘실용적’이라는 단어에 초점을 둔다면, ‘검은 고양이건 흰 고양이건 쥐 잘 잡는 고양이’가 좋은 고양이(흑묘백묘론)라는 식으로, 정부는 시장이든 원하는 정책 목표만 달성하면 된다는 것으로 해석할 수도 있다. 어쩌면 정부가 시장과 국민의 삶에 적극적으로 개입하여 시장주의가 초래하는 문제들을 실용적으로 해결하겠다는 의미일지도 모르겠다.

아무튼 이번 대선은 탄핵 이후 60일이라는 짧은 기간 동안 치러지다 보니, 여야를 막론하고 제대로 된 공약을 준비하기 어려웠을 것이다. 계엄령 선포와 탄핵에 뒤이은 대선이었기 때문에 내란 종식과 같은 정치적 쟁점 외에 공약이 중요한 선거였다고 말하기도 어렵다. 그렇다고 해도 향후 이재명 정부의 구체적인 정책은 대선 공약에서부터 출발할 수밖에 없을 것이다.

대선 당시 이재명 후보의 공약은 후보 홈페이지 등 온라인을 통해 제시한 공약(10대 정책공약, 정책공약, 광역별 공약, 17개 행정구역 공약 등)과 더불어민주당에서 제시한 정책 공약집으로 구분해 볼 수 있다. 더불어민주당의 정책 공약집을 기준으로 요약하면, 회복·성장·행복이라는 3대 비전이 중심이다. 훼손된 경제기반을 복구하고, 산업구조 전환과 법·제도 개편을 통해 성장동력을 ‘회복’한 뒤, 급변하는 대외환경과 저출생 및 저성장을 극복하기 위한 경제 ‘성장’에 집중함으로써, 국민 모두가 ‘행복’한 삶을 살아가 수 있는 보편적 기본사회를 지향하겠다는 것이다. 특히, 건설 공약은 주택공급 확대, 국가 균형발전 및 SOC

발주 확대, 안전한 건설 환경 조성 및 건설경기 회복, 기타 간접적인 정책 공약 등으로 구분할 수 있다. 주택공급 확대 공약에서는 국민 주거 안정을 위한 주택공급을 확대하고, 특히 실수요자와 서민 및 청년 주택의 개발과 공급을 활성화하겠다고 밝혔다. 국가 균형발전 및 SOC 발주 확대를 위해서는 5국의 초광역권(수도권, 동남권, 대경권, 중부권, 호남권)과 3개 특별자치도(제주, 강원, 전북)를 구현해 국가 균형발전을 이루고자 2차 공공기관 이전 및 인프라 사업 확대 추진 방안을 제시했다. 또한 건설 현장에서 발생하는 안전사고 예방 공약과 더불어 건설경기 회복 지원책도 함께 제시했다. 그 밖에 건설산업에 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 공정 상생 관련 규제 강화 공약 등도 공약집에 포함되어 있다.

이밖에 지자체별 공약에는 해당 지역에 필요한 개발 사업이 다수 포함되어 있다. 하지만 세부 사업의 내용은 대부분 기존에 추진해 왔던 사업을 가속화하겠다는 내용이거나, 사업 기획이나 계획 수립에 상당한 시일이 소요되는 대규모 국책사업이 상당수 포함되어 있다. 일부 사업은 향후 추진을 검토하겠다는 식으로 표현되어 있어 실제 사업 추진에는 상당한 시간이 걸릴 전망이다. 또한 명확한 대상 사업을 명시하지 않거나 사업 시행 기간 및 재원 마련 방안 등이 빠진 추상적 공약도 많다.

이재명 정부의 건설정책 방향은 앞서 언급한 대선 공약과 조만간 발표할 100대 국정과제에서 제시될 것으로 보인다. 아마도 건설 관련 협단체들은 이재명 정부의 국정기획위원회가 선정할 100대 국정과제에 자신들의 이해관계를 반영한 과제를 포함시키기 위해 노력할 것이다. 대선 과정에서 유권자들의 표를 얻기 위해 제시한 공약 중에는 집권 이후 그대로 추진하기 어려운 것도 있고, 급변하는 국제 정치경제 체제 속에서 새로운 정책과제가 등장할 가능성도 있다.

그렇다고 해도 100대 국정과제가 대선 공약과 무관하지 않을 것이며, 대선 공약의 연장선상에 있을 가능성이 높다. 그렇다면 건설산업의 발전이라는 관점에서 이재명 정부의 대선 공약은 어떻게 평가할 수 있을까?

긍정적인 정책들을 살펴보면, 오랫동안 현안이 되어온 주요 대형 SOC 사업(GTX, 가덕도 신공항, 철도 지하화 등)과 주택공급 확대 정책 등이 총망라되어 있고, 건설 경쟁력 강화를 통한 건설 강국 중흥을 목표로 하고 있다. 아울러 AI 데이터 센터를 차세대 국가 SOC로 선정하거나, 스마트 건설기술 인프라를 구축하는 등 미래지향적 과제들도 포함되어 있다. 대선 공약의 구체성이 떨어진다는 지적도 많지만, 공약의 성격상 그럴 수밖에 없고, 추후 100대 국정과제 선정 과정에서 보완될 것으로 본다. 물론 건설업계가 우려하는 공약도 있다. 건설공사 발주-설계-시공-감리 등 전 과정에서 안전대책을 강화한다는 명분으로 안전 규제가 더욱 강화될 수 있고, 특정 건설업종과 건설근로자 보호를 명분으로 규제가 강화될 가능성도 있다.

새 정부 출범이나 정권 교체 시기는 건설산업의 도약과 혁신을 위한 중요한 전환점이다. 이처럼 좋은 기회를 살릴 수 있느냐 없느냐가 향후 5년 내지 10년에 걸쳐 건설산업의 운명을 좌우할 수 있다. 기존에 늘 언급되던 단편적인 대책의 백화점식 나열에 그쳐서는 안 된다. 중차대한 전환기에는 점진적인 개선이나 업계의 단편적인 민원을 해결해 주는 수준을 넘어서는 정책 패러다임의 제시가 필요하다. 그러기 위해서는 건설산업이 직면한 환경의 구조적 변화를 정확히 파악하고, 새로운 시대에 걸맞은 정책 방향과 과제를 제시해야 한다. 기존의 대선 공약에 반영되어 있는 스마트 건설기술이나 AI와 같은 기술 변화 외에도 고려해야 할 환경 변화는 매우 많다.

다른 어떤 산업보다도 건설산업은 저출생과 고령화에 따른

파급효과가 심각하다. 현장의 숙련된 기능 인력은 물론이고, 기술 인력도 부족하고 고령화되어 있다. 한국의 1인당 국민소득을 4만 달러로 전제할 경우, 건설인력 정책은 기능 인력에만 초점을 둘 것이 아니라 고급 건설 엔지니어 양성도 비중 있게 다루어야 한다. 고급 건설 엔지니어는 시공 현장에서 일할 것이 아니라, 설계나 CM/PM을 비롯한 엔지니어링 산업으로도 유입되어야 한다. 이를 위해서는 시공 중심의 건설 산업 구조를 설계 및 엔지니어링 중심의 구조로 전환하고, 부가가치 창출에 걸맞은 처우 개선이 이루어져야 한다. 건설 기능 인력의 문제도 단순히 유입과 양성 및 보호에 그치지 않고, 외국 인력의 활용 방안과 로봇화, 자동화 및 탈현장화(OSC: Off-Site Construction)를 통해 중장기적인 감소 추세에 대비해야 한다.

건설산업의 경쟁력을 강화하고 건설 강국을 실현하고자 한다면, 무엇보다 건설산업의 생산성 향상이 핵심이다. 그러나 정작 우리나라에서는 건설산업정책을 통해 생산성을 높이라는 의식적인 노력이 부족하다. 싱가포르의 명확하게 건설산업정책의 목표를 생산성 향상에 두고, 오랫동안 현장 시공 대신 공장 제작 및 조립 방식(DIMA)을 확산시켜 왔다. 글로벌 건설 강국이 되려면 생산성 향상이야말로 가장 중요한 과제다. 이를 위한 수단은 스마트 건설기술이나 AI뿐만이 아니다. 건설사업관리의 효율화, 건설 생산방식의 선진화도 필요하다. 현장 시공을 대신해 모듈러를 비롯한 탈현장 시공(OSC)을 활용하는 방법도 있다.

또한 지금까지 추진해 온 많은 건설정책이 오히려 생산성을 저해하고 있다는 점도 간과해서는 안 된다. 공종별 분리 발주 의무화, 과도한 건설 생산 규제, 품질과 안전 확보라는 그럴듯한 명분 아래 형성된 중첩 규제 등이 대표적인 사례다. 건설산업의 생산성을 높이기 위해서는 한편으로는 생산성을 향상시킬 수 있는 긍정적인 방안을 적극 도입하고,

다른 한편으로는 생산성을 갉아먹는 부정적인 법과 제도를 규제개혁 차원에서 발굴·폐지하거나 완화하는 작업을 병행해야 한다.

이재명 정부는 우리나라가 더 이상 개발도상국이 아니라 이미 선진국 대열에 들어선 국가라는 인식을 바탕으로, 건설정책을 전면적으로 재검토할 필요가 있다. 선진국의 건설 인프라는 여러 가지 특징을 지닌다. 선진국에서는 양보다 질이 중요하며, 최저가 낙찰제에 기반한 저가 인프라가 아니라, 최고 가치에 기반한 양질의 인프라를 구축해야 한다. 인프라의 신규 건설도 중요하지만, 유지관리는 그보다 더 중요하다. 스마트 건설기술을 유지관리에도 적극적으로 활용해야 하며, 건설투자에서 유지관리가 차지하는 예산 비중도 지금보다 더 늘려가야 한다. 전통적인 철도나 공항과 같은 인프라의 효율적인 건설도 중요하지만, 하이퍼루프나 UAM(도심항공교통)과 같은 차세대 미래 인프라 개발에도 박차를 가해야 한다.

또한, 한국 건설시장에서 민간 부문이 전체의 약 70%를 차지할 정도로 크게 성장했다는 사실을 분명히 인식하고, 건설공기업의 혁신과 민간 건설산업의 활성화를 적극 지원해야 한다. 산업화 초기에는 주택, 철도, 도로, 항만, 공항 등 인프라 분야별로 구분된 공기업들이 각자의 역할을 수행해 왔으나, 이제는 그 역할과 한계를 냉정하게 분석하고, 민간 부문과의 역할 재조정 및 혁신 방안을 수립하는 것이 차기 정부에서 더 이상 미룰 수 없는 과제다. 특히 민간 건설시장의 활성화를 위해 가장 중요한 과제는 건설 규제의 개혁과 함께, 공정하고 지속 가능한 건설 생태계를 조성하는 일이다.

이재명 정부에 바라는 건설정책과 과제는 더 많은 항목을 작성하여 제시할 수 있다. 그러나 문제는 실행이다. 실행을 위해서는 우선 정책 방안이 구체화되어야 한다. 그리고 정

책 방안을 구체화하려면 이론 전문가가 아니라 현장 전문가가 필요하다. 불행하게도 우리나라에서는 현장 전문가보다 비전문가나 탁상공론에 능한 '폴리페서'들이 정책 결정 권한과 집행 권력을 갖는 경우가 많았다. 이재명 정부에서는 부디 제대로 된 전문가를 중심으로 한 건설정책 결정이 이루어지기를 바라며, 이는 결국 인사와 거버넌스 문제로 귀결될 것이다.

아무리 새로 출범하는 정부라 하더라도 건설산업의 모든 것을 한꺼번에 완전히 바꿀 수는 없고, 모든 과제를 다 실행할 수도 없다. 정부는 만능이 아니며, 이미 민간 부문이 정부보다 훨씬 커졌다는 사실을 인정할 필요가 있다. 권력에 절제가 필요하듯, 이재명 정부의 역할도 전방위적인 시장 개입이 아니라 제한된 영역에서 효과적으로 기능하는 것이 '실용적 시장주의'가 지향하는 방향이어야 한다.

언제나 그렇듯 새 정부 출범에 대한 국민적 기대는 크다. 이재명 정부에서는 당장의 건설경기 부양을 통한 침체된 경제 회복도 중요하지만, 새 정부 출범에 걸맞게 향후 5년에 걸친 건설산업의 구조 전환과 생산성 향상을 위한 비전도 함께 제시해 주기를 기대한다. 🇰🇷



스마트건설기술 성과와 동향, 그리고 앞으로의 전망

정중홍 | 한국도로공사 스마트건설사업단장, 공학박사

1. 서론

건설산업은 인류 문명의 진화와 함께 성장해 온 기간산업으로, 오늘날 전 세계 총생산의 약 13%를 차지하며 국가 경제에 지대한 영향을 미치고 있다. 그러나 여전히 노동집약적이고 현장 의존적인 생산 구조라는 산업적 특성으로 인해 생산성 저하, 인력 고령화, 숙련공 감소, 안전사고와 같은 여러 사회적 문제에 직면하며 혁신적인 변화를 요구받고 있다.

이러한 시대적 과제를 해결할 새로운 기술 패러다임이 바로 '스마트건설'이다. 스마트건설은 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT), 로봇틱스, BIM 등 다양한 디지털 기술을 건설 전 과정에 접목하여 생산성 향상, 안전사고 예방, 품질 고도화, 친환경 시공을 동시에 실현하는 것을 목표로 한다. 이는 단순히 기술을 도입하는 차원을 넘어, 건설산업 생태계 전반의 디지털 전환을 이끄는 21세기형 산업 혁신의 핵심이라 할 수 있다.

이러한 배경에서 추진된 국가 R&D인 '스마트건설



출처: 한국도로공사, 2024 <스마트건설의 비전과 목표>

기술개발사업'은 플랫폼 기반의 핵심 기술을 확보하고 실제 도로 현장에 적용하는 것을 목표로 삼았다. 한국도로공사가 총괄하고 100여 개 산·학·연·관이 참여한 이 R&D 프로젝트는 연구 성과의 실증, 제도 개선, 실용화와 사업화 지원까지 아우르는 총체적 전환을 시도했다는 점에서 큰 의미가 있다. 이 사업은 ▲토공자동화 ▲구조물 프리랩 ▲스마트안전 ▲디지털 플랫폼이라는 4대 중점 분야를 중심으로 12개 세부 과제를 추진했으며, 테스트베드를 통한 현장 실증과 제도 정비를 병행하여 실용성 높은 성과를 창출했다.

이 글에서는 그동안 이루어 낸 스마트건설기술의

현황과 기술적 진전, 그리고 산업적·정책적 의의를 짚어보고 미래를 전망하고자 한다.

2. 사업의 기술적 성과와 의의, 앞으로의 전망

사업의 기술적 성과는 크게 네 가지 분야로 나누어 살펴 볼 수 있다. 지능형 관제와 무인 자율작업으로 건설 생산성을 높이는 토공 자동화, 탈현장건설(OSC)을 실현하는 구조물 프리랩, 근로자와 현장의 안전을 확보하는 스마트 안전, 그리고 이 모든 것을 연결하는 디지털 플랫폼 기술이다.



출처: 한국도로공사, 2024 <토공자동화 기술 실현장 적용>

2.1 토공자동화 기술

토공장비의 원격·무인 자율작업을 포함한 건설기계 자동화는 이번 사업의 가장 뚜렷한 기술적 성과이다. 지능형 관제시스템은 e-BIM과 작업 경로 내비게이션을 통해 건설장비의 원격·무인 자율작업을 실시간으로 관제할 수 있다. UAV와 UGV를 운용하여 초정밀 디지털맵을 생산하는 핵심 기술을 국산화했으며, BIM과 연계한 디지털트윈 환경은 건설 현장을 효과적으로 관리하도록 지원한다.

Bauma 2025에서도 굴착기의 무인 자율 작업을 선보인 바 있는데, 이미 지난 2023년 도저, 그레이더, 롤러의 무인작업 시연에 성공했다. 2024년에는 실제 건설사업(상서 하이패스IC 설치공사)에 이를 활용하여 무인화 기술에서 글로벌 수준의 경쟁력을 확보했다. 또한 관련 국가기준과 표준품셈이

마련되었고, 고속도로 현장 시범사업을 넘어 단지, 공항 등 타 SOC 건설공사로 활용이 확대되어 그 확산 속도는 더욱 빨라질 것으로 예상된다. 건설장비 접근경보시스템은 이미 글로벌 시장에서 상용화 단계에 있다.

핵심 기술 기반을 마련했으나 상용화를 위해 해결해야 할 과제는 남아있다. MG/MC 등 상용 기술의 보급 확대와 함께 자동화 장비 라인업 증대, 자동제어를 위한 리트로핏(Retrofit) 기술 등 기반기술 고도화가 필요하다. 이와 더불어 건설장비 구조 변경, 건설기계 안전기준 및 관련 제도 정비도 요구된다.

과거 일본이 i-Construction¹⁾ 정책을 통해 건설 현장 인력 감소에 대응하고 생산성 향상을 목표로 한 것처럼, 토공 자동화는 지속가능성 측면에서도 불가피한 선택이다. 향후 로봇틱스 기술과 융합하



출처: 한국도로공사, 2025 <구조물 프리랩 기술 종합 시연>

1) 지난 10년간의 경험을 바탕으로 i-Construction 2.0을 발표(25.4). 2040년까지 건설현장 인력 30% 감소에 대비하여 생산성 50% 향상을 목표로, 건설장비 자동화, 데이터연계 등을 중점 추진



출처: 한국도로공사, 2024 <스마트 안전기술 종합시연>

면서 효율성은 더욱 커지고 확산 속도 또한 빨라질 것으로 기대된다.

2.2 구조물 프리랩 기술

건설산업은 제조업과 달리 소품종 1회 생산 방식을 따르며 기상과 같은 외부 요인에 영향을 받는 특징이 있다. 탈현장건설(OSC, Off-Site Construction)은 공장에서 부재를 제작하고 현장에서 조립하는 프리랩 기술을 통해 공기를 단축하고 품질을 확보하며, 안전사고 예방 및 자재 절감 등의 효과를 기대할 수 있다. 프리랩 기술은 디지털화를 기반으로 설계·제작 자동화, 디지털 검측, 사전 가설성 검토 등을 실현하며, 전 생애주기 정보 전달 체계를 통해 효율적인 유지관리에도 연계 활용된다.

이번 사업에서는 고속도로 교량을 대상으로 자동화된 BIM 설계, 콘크리트 부재 자동생산시스템 구축, 운반 중 품질관리(건전성 및 형상계측), 시물레

이션을 통한 시공성 검토, 크레인 인양 작업의 안전관리에 이르는 프리랩 전반의 프로세스를 정립하고 종합 시연을 통해 그 성과를 입증했다. 실증 과정에서 설계와 제작 단계의 품질관리 절차와 방법을 고도화했으며, 기술 개발과 기준 제·개정을 병행하여 현장 활용 기반을 조기에 확보했다. 또한, 디지털 가조립 등 강교 기술은 관련 기준(KCS 개정)을 정비하고 건설신기술 지정을 추진 중이며, 향후 수해 복구를 위한 강교 사업에 활용될 예정이다.

프리랩 기술은 축적된 경험과 노하우를 통해 숙련공 부족, 건설현장 안전사고 등 당면한 문제를 해결하고 재난·재해에 대응한 회복탄력성을 확보하며 인프라를 유지하는 데 중요한 도구가 될 것으로 기대된다. 다만 부재 생산 체계의 구축, 단면과 형식의 표준화, 충분한 물량 확보는 산업적 측면에서 해결해야 할 과제이다.

그 밖에도 지하고속도로 등으로 주목받는 TBM 공

법의 운영자동화 기술을 AI 기반으로 국산화했으며, 교량 거더 자동거치 로봇과 같은 로봇틱스 기술도 실제 현장에서 성능을 입증하며 미래 가능성을 증명했다.

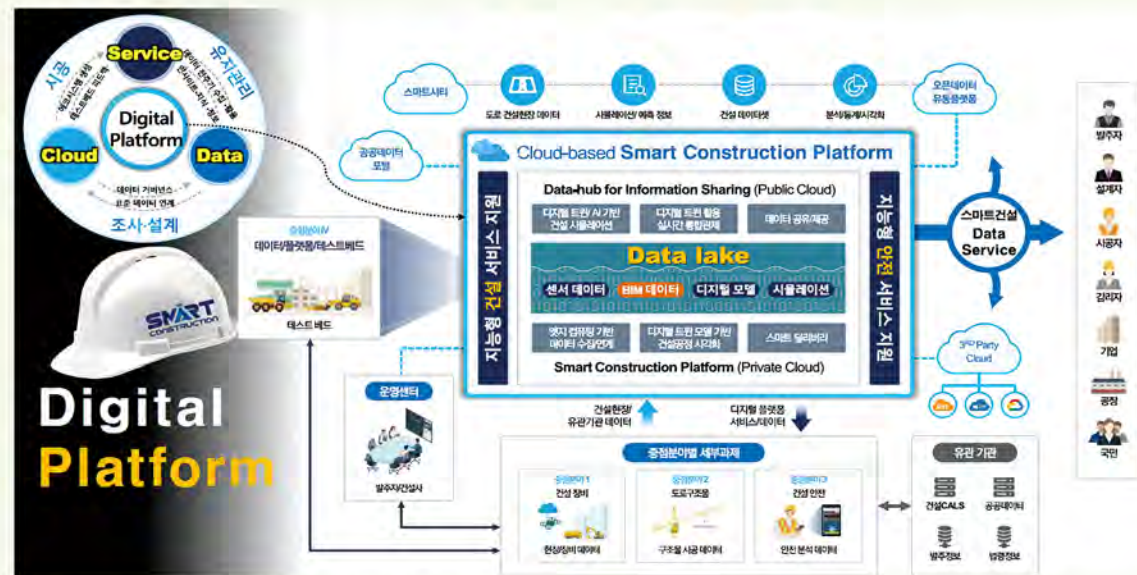
2.3 스마트안전 기술

스마트 건설안전 기술은 AI·영상·센서 기술에 기반하여 건설 현장 근로자의 안전을 확보하는 것을 목표로 하였다. 주요 핵심 기술은 ▲AI 기반 위험 인지 및 위험성 평가 기술 ▲디지털 기술을 이용한 임시구조물 스마트 안전 확보 기술 ▲건설위험 인지·예측 솔루션 및 위험요인 통합 관제·대응 기술 등이다. 사업은 이러한 핵심 기술을 개발하고 현장에 적용하는 데 주력했다.

개발된 기술은 '스마트안전장비 지원사업' 등을 통해 실제 현장에 활용되고 있다. 또한 ODA 사업 및 개도국 지원사업과 연계하여 해외 진출도 활발하

게 추진될 예정이다. 관련 기준 정비와 건설안전관리 기준 개선을 통해 스마트안전기술의 활용을 활성화하기 위한 노력도 병행하고 있다.

AI 기반 영상 위험인지 기술은 건축 현장은 물론 SOC 현장까지 적용 범위가 확대 및 고도화되었다. 서버 기반의 영상 인식 기술은 시스템 부하를 고려하여 엣지(Edge) 또는 온디바이스(On-device) 기술과 병행할 필요가 있으며, 스마트워치와 같은 디바이스 기술은 빠르게 확산되는 추세이다. 또한 스캐닝 기술을 통해 임시구조물의 상태·형상·구조적 안정성까지 식별하는 기술과 가설기자재 품질검사·관리 기술의 개발은 큰 의미가 있다. 이는 사람이 수행하기 어려운 검사를 디지털 기술로 자동화하여 빠르고 효율적으로 만들었으며, 그동안 취약 공종으로 꼽혔던 가설기자재의 품질 관리를 효과적으로 수행할 수 있게 했다는 점에서 중요한 성과이다.



출처: 한국도로공사, 2025 <디지털 플랫폼의 구성과 활용>

2.4 디지털 데이터 및 플랫폼 기술

스마트건설기술은 건설 관련 정보를 공유·유통시켜 빅데이터 분석을 활성화하는 등 데이터 중심의 산업 패러다임 전환을 이끌 수 있다. 또한 ICT, 기계 등 타 분야 기술과 융합하여 설계-시공-유지관리로 이어지는 건설 생애주기의 단계별 분절을 해소한다. 3차원 시각화 등을 통해 관계자 간의 이해를 돕고, 계획·설계부터 운영·유지관리까지 미래 수요자의 참여 기회도 제공하게 될 것이다.

이 분야의 핵심 성과는 건설사업 전 주기의 디지털 전환을 목표로 개발한 '스마트건설플랫폼'이다. 플랫폼은 BIM 모델을 중심으로 드론 영상, 지형도 등 다양한 디지털 데이터를 수집, 저장, 공유, 분석하여 현장의 공정·품질·안전관리를 지원하며, 발주자, 설계자, 시공자 등 모든 건설 참여자 간의 정보 연계를 가능하게 한다. 웹 기반으로 구현되어 접근성이 용이하며, 대표 기능으로는 ▲실시간 현장관제 ▲AI 기반 공정계획 ▲AR 기반 현장 정보 제공 ▲지반정보 통합관리 등이 있다. 이 플랫폼은 상하이하이패스IC 공사 등 다수의 실제 현장에서 데이터 실시간 연계와 현장 적용성을 확인했다.

플랫폼에서 활용되는 정보의 호환성과 신뢰성을 확보하기 위해 BIM 기반 정보표준체계와 BIM 통합관리 시스템도 국내 최초로 실무에 적용했다. 이 시스템은 도로 분야를 넘어 서울시, 철도 등 타 분야로 확산이 추진 중이다. 플랫폼 개발과 활용 과정에서 몇 가지 중요한 과제도 확인되었다. 먼저, 실제 현장에서 유용하게 활용될 수 있도록 기능 개선 및 고도화가 필요하다. 고령 및 외국인 노동자가 많은 현장 여건을 고려할 때, 더 쉽고 간결한 기능이 요구된다. 또한, 지속가능한 데이터 생태계

구축이 반드시 선행되어야 한다.

현장의 센서나 디바이스를 통해 실시간 데이터가 수집되지만, 이를 저장하고 공유하기 위한 체계와 프로세스에 대한 이해는 아직 충분하지 않다. 데이터 생태계가 없다면 플랫폼은 물론 자동화, 인공지능, 로봇틱스 기술 모두 공허한 메아리에 불과하다. 데이터 표준체계 정비 및 공유, 관련 기술을 선도할 거버넌스 구축 또한 시급하다.

3. 결론

스마트건설기술은 단순한 기술 도입을 넘어, 건설 산업의 미래를 바꾸는 혁신의 도구이자 산업 전략이다. 지난 6년간의 연구개발을 통해 확보된 기술들은 현장 실증을 통해 그 효과를 입증받았으며, 관련 제도 정비와 연계를 통해 현실 적용이 가능한 수준까지 도달하였다. 특히 디지털 트윈, AI 분석, 자동화 장비 기술 등은 고부가가치를 창출하는 핵심 도구로 자리 잡아가고 있다.

앞으로는 기술 고도화뿐 아니라, 안정적인 정착을 위한 제도적 수용성 확보, 전문 인력 양성, 공공·민간 협력체계 강화 등 입체적인 대응이 필요하다. 모든 기술의 기반이 되는 데이터 중심의 건설 생태계를 구축하고 유지하는 것이 중요하며, 이를 위해서는 정책적 리더십과 산업계의 실천적 참여가 병행되어야 한다.

궁극적으로 스마트건설기술은 지속가능하고 회복력 있는 인프라를 실현하고, 나아가 국가 산업경쟁력을 제고하는 전략적 자산으로 기능할 것이다. 지금이야말로 건설산업이 혁신의 전환점을 맞이할 결정적인 시점이다. 🇰🇷



빅데이터 기반 도로 유지관리 기술 현황 및 제언

백종은 | (주)휴먼로드 대표이사, 공학박사



1. 빅데이터 기반 기술의 필요성

노후한 기반시설의 최소한의 유지관리를 위해 『지속가능한 기반시설 관리 기본법』(약칭: 기반시설관리법)이 2020년 1월부터 시행되고 있다. 이 법에 따르면, 국가 및 지방자치 단체가 관리하는 교통시설(8종)을 포함하여 총 46종의 기반시설에 대해 최소 유지관리 기준 이상으로 유지관리 의무가 부여되었다. 하지만 대부분의 도로 유지관리는 정기 점검이나 눈에 띄는 파손 이후의 사후 대응 방식에 의존하고 있어, 효율적인 유지관리에 한계를 보이고 있다. 이로 인해 노후화 진단이 늦어져 적시에 보수가 이루어지지 않고, 그 결과 도로 파손으로 인한 이용자 불편은 물론 교통 사고 위험이 증가하고 있다. 반복적인 보수로 인한 예산 낭비와 공사 중 혼잡 등 사회적 비용 또한 증가할 수 있다. 이러한 문제의 근본 원인 중 하나는 도로 상태에 대한 충분한 정보 부족과 과학적 데이터보다는 경험이나 관행에 따른 의사결정 방식에 있다고 볼 수 있다. 더욱이 기후 변화와 교통량 증가로 인해 도로 손상이 가속화되면서, 기존의 일률적인 점검 중심 방식만으로는 효과적인 대응이 어려운 실정이다.

기반시설관리법이 2018년에 제정된 이후, 국토교통부는 2019년 관계부처 합동으로 『지속가능한 기반시설 안전 강화를 위한 종합대책』을 마련하였다.¹⁾ 이 대책에서는 안전하고 스마트한 관리 체계 구축을 위해 기반시설 점검 및 보수 등 조사로 빅데이터를 구축·활용하고, IoT 및 드론 등을 통해 안전점검의 시각지대를 해소하는 기술을 제시하였다. 이러한 정책적 지원에 따라 빅데이터 기반 기술에 대한 활발한 연구개발이 진행되고 있으며, 이는 도로 유지관리의 혁

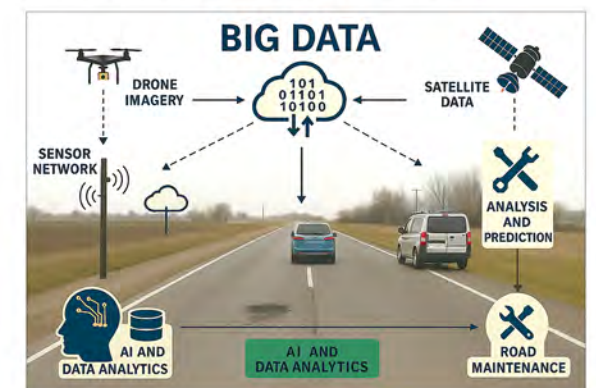
신적인 대안으로 주목받고 있다.

빅데이터 기반 도로 유지관리 기술은 [그림 1]과 같이 도로 상태 데이터 수집 기술과 AI 등을 이용한 통합 분석 기술로 구분할 수 있다. 우선, 다양한 조사 데이터, 차량 센서, 드론 영상, 위성 정보 등을 통해 대규모 도로 상태 데이터를 실시간으로 수집한다. 이렇게 수집된 빅데이터는 AI와 데이터 분석 기법을 통해 통합 처리되며, 이를 통해 도로의 손상 위치, 유형, 심각도 등을 정밀하게 분석 및 예측할 수 있다.

결과적으로 도로가 스스로 상태를 진단하고 이상 징후를 사전 감지하여 최적의 시점에 보수를 수행할 수 있는 스마트 유지관리 체계 구축을 통해, 도로의 안전성과 예산 효율성을 높이는 데 큰 역할을 하고 있다.

본 고에서는 국내외에서 활용되고 있는 빅데이터 기반 도로 유지관리 기술을 소개하고, 이를 위해 해결해야 하는 정책적 방향에 대해서 제안하고자 한다.

[그림 1] 빅데이터 기반 도로 정보 수집·분석 구성도



1) 국토교통부(2019) "선제적이고 스마트한 안전관리로 국민 생활안전 시각지대를 해소하겠습니다." 보도자료(2019.6.17.)

2. 국내외 빅데이터 기반 도로 유지관리 기술 현황

2.1 사물인터넷(IoT) 센서 네트워크

사물인터넷(IoT, Internet of Things)은 도로 인프라 곳곳에 설치된 다양한 스마트 센서를 통해 실시간으로 데이터를 연속적으로 생성하고 있다. 온도, 습도, 음향, 가속도계, 변형률 게이지 등 다양한 IoT 센서는 포장 내부의 수분 침투 여부, 온도 변화, 차량 하중, 처짐 등을 실시간으로 모니터링하며, 국내에서는 아직 초기 단계이지만 도로의 위험도를 상시 감시하고 있다. 예를 들어, 최근에는 지중 침하계와 IoT 기술을 활용하여 도로 하부의 처짐을 실시간으로 관측하고 침하 발생 위험도를 평가하며, 자동 알람을 통해 사고 발생 전에 골든타임을 확보할 수 있는 기술이 개발되었다.²⁾ 이 기술은 3~5년 주기로 도로 하부를 조사하는 지표투과 레이더(GPR) 조사와는 달리, 상시 모니터링 기반이기 때문에 굴착·터널 공사 등 대형 공사장 주변에서 급작스럽

게 발생할 수 있는 지반 침하 위험을 관리하는 데 적합하다. 겨울철에는 노면 온도, 소음, 영상 센서로부터 미세 기후에 따른 결빙 위험을 실시간으로 파악하고, 제설 작업의 시기 및 방법 등을 최적화할 수 있는 기술이 개발되었다. 이러한 IoT 기반 모니터링을 통해 상시 상태 진단 및 상태 기반 유지관리가 가능해짐에 따라, 적시·적소에 필요한 대응이 가능하므로 효율적인 유지관리와 사고 예방에 크게 기여할 수 있다.³⁾ 이러한 IoT 기반 모니터링을 통해 상시 상태 진단 및 상태 기반 유지관리가 가능해짐에 따라, 적시·적소에 필요한 대응이 이루어질 수 있으므로 효율적인 유지관리와 사고 예방에 크게 기여할 수 있다.

2.2 드론(Drone)/항공 영상 기술

무인항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)를 활용한 도로 시설물 점검은 최근 가장 가시적인 혁신 기술 중 하나이다. 기존에는 교량 상부나 비탈면을 점검하기 위해 작업 발판 설치나 교통 통제 등 상당한 비용과 시간이 소요되었지만,

[그림 3] 드론을 이용한 도로 시설물 조사 사례: (좌) 사면 조사 플랫폼, (우) 교량 하부 조사 사례



고해상도 카메라와 LiDAR를 탑재한 드론 한 대로 수십 분만에 광범위한 구간을 조사할 수 있다. 국토안전관리원은 드론을 활용하여 사면, 교량 등 시설물에 대한 안전점검을 위한 표준화된 절차 및 방법을 수립하고, 이를 기반으로 점검 매뉴얼을 개발하였다.⁴⁾ 이러한 드론 조사를 통해 획득한 영상과 3차원 지도를 AI가 분석하여, 사면 붕괴 징후 및 월별 교량 변위 변화량을 감지하고 조기 경보를 발령할 수도 있다. 드론을 활용해 도로 포장 노면의 사진과 좌표 정보를 취득하고, 모델링 및 AI 분석을 통해 노면의 균열 및 소성 변형을 드론 영상으로도 충분히 검출할 수 있었다.⁵⁾ 다만, 승차감을 측정하는 평탄성은 영상 데이터로는 한계가 있어 이에 대한 추가적인 연구가 진행되고 있다. 영국 교통부(DfT)는 2019년부터 ADEPT(Association of Directors of Environment, Economy, Planning & Transport) SMART Live Lab 프로그램을 통해 다양한 지방정부에

서 민·관·산·학 연합으로 스마트 인프라 실증 플랫폼을 운영하고 있다.⁶⁾ 대표적인 성과로 켄트주(Kent County Council)에서는 인력이 자주 순찰하기 어려운 시골 지역의 도로를 드론이 주기적으로 촬영한 고해상도 영상을 AI로 분석하여 초기 도로 결함을 탐지하였다.⁷⁾ 이를 통해 인적 오류는 감소하고 광범위한 도로망을 단시간에 조사할 수 있었다.

2.3 AI 영상인식 및 머신러닝

다양한 방식으로 수집된 대용량 영상 및 센서 데이터는 인공지능(AI) 알고리즘을 통해 자동 분석되어 유지관리 의사 결정에 활용되고 있다. 컴퓨터 비전 기술은 도로 표면의 균열, 변색, 포트홀 등을 자동으로 식별하고, 손상도 또는 위험도를 정량화하여 지도에 표출할 수 있다. 현재 많은 나라에서는 도로 순찰 차량에 고속 카메라와

[그림 2] 최신 IoT 기반 도로 위험 실시간 탐지 및 관리시스템: (좌) 지반침하, (우) 도로결빙



2) 박치명 등(2024) 특허 제10-2730401호, 지중 침하 예측 장치 및 그 방법

3) 파워코리아 데일리(2021), 겨울철 블랙아이스, 해결한다. <http://m.powerkoreadaily.com/news/articleView.html?idxno=522425>

4) 국토안전관리원(2022) 드론 활용을 위한 시설물 안전점검 등에서의 시범적용 연구, 최종보고서 RD-21-R3-005

5) 김담룡, 정수호, 가현길, 문성호(2020) 드론을 활용한 아스팔트 도로포장상태 조사 기술에 관한 연구, 한국도로학회 논문집, 제22권 1호, pp. 1~8.

6) ADEPT, https://www.adeptnet.org.uk/live-labs-1-outputs-0?utm_source=chatgpt.com

7) Design and Build UK(2020) Amey Trials Drone Technology to Identify Defects on Kent Roads, 기술기사(2020.8.21.) https://designandbuilduk.net/amey-trials-drone-technology-to-identify-defects-on-kent-roads/?utm_source=chatgpt.com

LiDAR를 장착하고, AI 소프트웨어가 주행 중 자동으로 노면 결함(균열, 포트홀), 맨홀 뚜껑 이상, 침하 등을 탐지하는 시스템을 도입 및 활용하고 있다.

이와 같이 AI 기반 도로 조사 차량은 사람보다 신속하고 일관성 있게 결함 데이터를 수집할 수 있다. 또한, 수집된 결함 및 교통량·기후·구조 데이터를 학습하여 향후 손상 발생 확률을 예측하고 잔여 수명을 산정할 수 있다. 이는 최적의 유지보수 시점을 계획하는 데 활용되고 있다.

2.4 디지털 트윈(Digital Twin)

디지털 트윈은 현실의 도로, 교량, 터널 등 인프라 자산의 정밀한 가상 모사체를 만들어, 실시간 데이터로 지속적으로 업데이트함으로써 마치 도로의 “디지털 분신”을 운영하는 개념이다. 이는 시설물에 대한 정보 관리 위주의 BIM의 확장판이라고 볼 수 있으며, 도로의 3차원 모델에 IoT 센서 데이터, 교통 데이터, 환경 데이터를 연동하여 시간에 따른 변화를 시뮬레이션할 수 있다. 디지털 트윈의 가장 큰 강점은 시뮬레이션을 통한 예측이 가능하다는 점이다. 이를 통해 가상의 도로에 향후 10년치 교통량 증가나 기후 변화를 가정하고, 어디에 병목 현상이나 균열이 먼저 발생할지를 미리 알 수 있다. 또한 특정 교량에 하중을 증가시켜 거더의 한계 상태를 시험하고, 실제 보강 시기를 예측할 수도 있다.

도로 분야 대표적인 디지털 트윈 사업인 영국의 National Digital Twin Program(NDTP)은 도로 등 사회기반시설의 디지털 트윈 구축을 장려하고 있으며⁸⁾, 핀란드 헬싱키시는 모빌리티랩 헬싱키 프로젝트를 통해 도시 내 스마트 트래픽을 위한 플랫폼을 설치하였다.

이 중 Visible Zone은 IoT 장치를 활용해 시내 도로망의 디지털 트윈을 구축하고, 스터드 타이어로 인한 포장 마모를 모델링하여 최적의 재포장 주기를 산정하는 데 활용되고 있다.⁹⁾¹⁰⁾

3. 도로포장 유지관리와 빅데이터

도로포장 관리는 빅데이터 활용의 핵심 분야 중 하나이다. 도로포장은 넓은 네트워크를 형성하고 있으며, 도로, 교통, 환경 등의 영향으로 다양한 거동 특성을 나타낸다. 국내의 경우 2000년대 초 국토교통부, 서울시, 한국도로공사를 중심으로 도로포장의 체계적인 유지관리를 위해 포장관리시스템(PMS, Pavement Management System)을 도입하여 현재까지 운영하고 있다. 최근에는 보다 신뢰성 있고 정교한 유지관리 전략 수립을 위해 다음과 같이 PMS에 빅데이터 기술을 접목하고 있다.

우선, 포장 상태 지수화 및 성능 예측을 위한 빅데이터 활용이 고도화되고 있다. 일반적으로 PMS는 1~3년 주기로 전문 조사 장비를 활용해 균열률, 소성변형, 평탄성 등을 수집하고, 이를 바탕으로 공용성 지수(예: PCI 등)를 산정한다. 이제는 연속적인 동적 데이터, 대표적으로 자율주행 기반 차량 데이터가 포장 유지관리에 활용되고 있다. 수백만 대 차량에 부착된 가속도 센서 등이 도로의 실시간 평탄성, 미끄럼 저항, 충격 빈도 등을 클라우드로 전송하면, 도로 관리자는 어느 지점에 새로운 포트홀이 발생했는지, 어떤 구간에서 포장 파손이 가속되고 있는지를 거의 실시간으로 파악할 수 있다. 대표적으로 스웨덴에서는 전 세계 수백만 대 차량으로부터 수집한 노면 데이터를 각국의 PMS에 제

공하여, 도시나 도로 운영자가 항상 최신의 도로 상태 지도를 구축할 수 있도록 지원하고 있다.¹¹⁾

도로포장의 장기적인 성능을 평가하기 위해 구조 성능 데이터가 빅데이터 환경에서 중요하게 다뤄지고 있다. 포장 구조 시험기(FWD, Falling Weight Deflectometer)는 도로포장의 구조적 건전성을 평가하는 대표적인 장비이지만, 정적인 데이터만 취득한다는 한계가 있다. 최근에는 주행 중 연속적으로 시험할 수 있는 TSD(Traffic Speed Deflectometer)¹²⁾ 장비가 개발되어, 단기간에 광범위한 구간을 연속 측정하고 포장 상태 데이터와 연동하여 통합 관리할 수 있게 되었다. 또한 FWD와 함께 지표 투과 레이더(GPR, Ground Penetrating Radar) 데이터를 결합하면, 포장 두께 감소, 수분 침투, 박리 구간 등을 추정하여 잔여 수명을 예측할 수 있다. 이러한 종합적인 분석을 통해 정확한 원인 진단과 처방이 가능해져, 투자 대비 효과를 극대화하는 유지관리 전략을 수립할 수 있다.

국내에서는 한국도로공사, 서울시 등을 중심으로 FWD, GPR, 공용 지수 데이터를 연계한 포장관리 빅데이터 플랫폼을 개발하거나 구축하고 있다. 미국 연방도로청(FHWA)에서도 빅데이터 기반 포장 관리를 위해 TSD 장비로 수집한 포장 구조 성능 데이터를 기반으로, 기후 및 교통량 변화 등 다양한 빅데이터를 AI로 분석하여 PMS를 고도화하는 방안을 수립하였다.¹³⁾

표면 상태 자동 모니터링 기술과 빅데이터가 연계되고 있다. 차량에 장착된 전방 카메라 또는 ADAS(Advanced Driving Assistance System)에서 촬영한 영상과 딥러닝 기술을 활용하여 도로 표면의 파손을 지도화하는 기술이 실

용화 단계에 접어들었다. 대표적인 사례로 서울시에서는 2023년부터 버스 및 택시에 설치된 영상 촬영 장치와 AI 분석 기술을 통해 포트홀을 자동으로 탐지하는 체계를 구축하여 운영하고 있다. 이로 인해 포장 관리의 데이터 획득 주기가 과거 1~2년에 한 번에서 상시·실시간 수준으로 단축될 수 있어, 도로망 차원의 유지관리 효율성을 높일 수 있다. 또한 누적된 과거 데이터와 AI를 활용하면 특정 노선의 상태 및 파손 경향을 분석하여, 신뢰도 높은 포장 상태 예측을 기반으로 최적의 유지보수 투자 전략을 도출할 수 있다.

4. 한계점 및 향후 추진 방향

도로의 유지관리를 위해 IoT, AI, 빅데이터 등 기술이 활발히 개발 및 도입되고 있다. 마지막으로, 이러한 기술의 활성화를 위해 일부 제도적·기술적 한계점을 언급하고, 이를 개선하기 위한 방안을 제안하고자 한다.

4.1 기술 도입 가속화를 위한 공공-민간 협력 강화

빅데이터 및 AI 기술은 빠르게 발전하고 있으므로, 민간의 혁신 역량을 적극적으로 활용하는 것이 바람직하다. 이를 위해 실증사업형 과제를 확대하여, 정부는 현안을 제시하고 민간 기업은 기술 솔루션을 제안·검증하도록 장려할 필요가 있다. 예를 들어, 도로관리청이 오픈 데이터 플랫폼을 통해 도로 상태 데이터를 개방하면, 스타트업이나 IT 기업들이 이를 활용한 유지관리 알고리즘이나 서비스를 개발할 수 있을 것이다.

8) National Digital Twin Program(NDTP) 2025.05.13, <https://www.gov.uk/government/collections/the-national-digital-twin-programme-ndtp>

9) Smart Mobility, 2025.06.10, 접속, <https://testbed.hel.fi/en/smart-mobility/#new-pilots>

10) 안승현(2023) 디지털 트윈 솔루션 실증을 위한 모빌리티랩 헬싱키 프로젝트, 도로정책 Brief, April 2023 No. 155, 국토연구원

11) NIRA, Dynamics, Pavement Management System – Transforming road maintenance with smarter PMS with real-time data from millions of connected vehicles, <https://www.niradynamics.com/pavement-management-systems#:~:text=pavement%20management%20systems%20,AI%2C%20and%20Heller%20Ingenieurgesellschaft>

12) Greenwood Engineering, <https://greenwood.dk/road/tsd/>

13) Leveraging Big Data for Enhanced Pavement Management

궁극적으로는 공공이 데이터와 수요를 제공하고, 민간이 기술과 창의적인 해법을 제공하는 Win-Win 협력 구조를 구축하는 것이 필요하다. 이때 협력의 전제 조건은 데이터 표준화 및 인터페이스의 개방이며, 정부가 표준 플랫폼을 제시하면 다양한 민간 솔루션이 그 위에서 작동할 수 있을 것이다.

최근 도로 분야 스타트업 공모전 등이 열리고 있으나, 이를 더욱 체계화하고, 채택된 기술을 실제 유지관리 사업에 적용하는 브릿지 프로그램이 필요하다.

4.2 예측 관리 중심의 관리 전략 수립

앞으로의 도로 관리는 파손 발생 이후 대응하는 사후 대응 방식에서 사전 예방 중심의 대응 방식으로 패러다임을 완전히 전환해야 한다. 이를 위해 국가 차원의 예측 관리 로드맵 수립이 필요하다. 이 로드맵에는 단기적으로는 PMS 고도화 및 데이터베이스(DB) 구축을 통한 예측 관리 기반 마련, 중기적으로는 인공지능(AI)을 활용한 예측 모델의 도입과 시범 운영, 장기적으로는 완전한 예측 관리 체계의 정착 등 단계별 목표를 포함하는 것이 바람직하다.

구체적으로는 포장, 교량, 터널 등 시설물별 예측 관리 모델을 개발하고, 이를 국가 인프라 관리 시스템에 통합하여 중앙 및 지방정부가 과학적 의사결정을 내릴 수 있도록 지원해야 한다. 예를 들어, 도로 손상 모델을 활용해 향후 5년 내 발생할 손상 위치를 예측하고 예방적 보수를 사전에 계획하는 시스템은 예측 관리의 대표적인 사례가 될 수 있다. 이러한 선제적 관리 체계는 장기적으로 예산 절감과 도로 서비스 수준 향상을 동시에 실현할 수 있기 때문에, 정책 결정자들이 그 필요성과 효과를 명확히 인식할 수 있도록 홍보와 이해 제고가 필요하다.

또한, 예측 관리 전략을 실행하기 위해 유지보수 우선순위 평가 체계를 보다 정교화해야 한다. 빅데이터 분석을 통해

도출된 위험도, 경제성, 이용자 영향 등을 종합적으로 고려한 우선순위 산정 기준을 마련함으로써, 한정된 예산을 가장 효과적인 위치에 투입할 수 있게 된다. 현재 서울시 등 일부 도로관리청에서는 포장상태지수(PCI) 기반의 우선순위 결정 방식을 시행 중이나, 이를 한 단계 발전시켜 다차원 데이터 기반의 의사결정 지원체계로 고도화해야 한다.

더 나아가 이러한 예측 정보는 중장기 재정계획과도 연계되어야 하며, 유지관리 예산을 선투자-후절감 방식으로 산정하여 예측 관리에 필요한 안정적인 재정 확보의 논리로 활용되어야 한다.

4.3 국가 차원의 도로 데이터 통합 플랫폼 구축

빅데이터의 가치는 연계와 통합에 있지만, 현재 도로 관련 데이터는 도로관리시스템, 교통정보센터, 시설물안전관리 종합정보시스템 등 여러 곳에 분산되어 있다. 이를 하나의 플랫폼으로 연결하여 종합적인 데이터 허브를 구축하는 것이 필요하다. 이 플랫폼에서는 도로 설계·시공 정보, 검사 이력, 실시간 모니터링 데이터, 이용자 피드백까지 전 주기 정보가 연계되어, 디지털 트윈과 같은 형태로 구현될 수 있을 것이다. 이를 위해 국가기관이 주도하되 민간 클라우드 활용도 함께 검토하여, 개방형 표준을 따르는 플랫폼을 구축하고, 중앙-지방-민간이 역할별로 접근할 수 있는 체계를 마련하는 것이 중요하다. 예를 들어 중앙정부는 거시적 정책 결정 및 예산 배분을 위해 데이터를 활용하고, 지방자치단체는 실무적인 유지관리 계획 수립에, 민간 기업과 학계는 익명화된 데이터를 바탕으로 신규 서비스 개발과 연구에 활용할 수 있는 구조를 갖추는 것이 바람직하다. 또한, 이 플랫폼은 실시간 데이터 스트리밍을 처리할 수 있도록 설계되어야 하며, IoT 센서망, 드론, 차량 등에서 생성되는 데이터를 연계하여 종합 상황판을 제공해야 한다. 이를 통해 관리자는 전국 도로의 상태를 한눈에 파악하고, 우

선 조치가 필요한 구간을 실시간으로 모니터링할 수 있게 된다.

이와 함께 중요한 과제는 데이터 품질과 보안의 확보다. 통합 플랫폼에는 방대한 정보가 집약되기 때문에 사이버 보안 대책과 접근 권한 관리를 철저히 하고, 잘못된 데이터나 편향된 알고리즘이 잘못된 의사결정을 초래하지 않도록 검증 절차를 갖추는 것이 필수적이다. 결국, 이는 신뢰성 있는 데이터 거버넌스를 구축하는 문제이며, 이를 위해서는 법과 제도적으로도 데이터 공유 및 활용의 근거를 명확히 규정할 필요가 있다.

4.4 인력 및 조직 역량 강화 정책

기술 도입만큼 중요한 것이 인적 역량이므로, 공공 부문에서는 새로운 분야의 기술 인력 채용을 확대하고, 현직자 대상 재교육 프로그램을 강화해야 한다. 예를 들어, '스마트 인프라 아카데미'를 설립하여 도로 유지관리 담당 공무원과 도로공사 직원들이 데이터 분석, AI 활용, 드론 운용 등의 교육을 받을 수 있도록 하면 효과적일 것이다.

또한, 직무 순환 제도를 개선하여 전문 인력이 해당 분야에 지속적으로 종사하며 전문성을 쌓을 수 있는 환경을 조성해야 한다. 조직 구조도 유연하게 개편하여, 스마트 유지관리 전담팀을 신설하고, 필요 시 민간 전문가를 채용하거나 자문받을 수 있도록 제도를 마련해야 한다.

기술적 측면에서는 유지관리 현장 인력에게 사용자 친화적인 디지털 도구(예: 태블릿 기반 점검 앱, 증강현실 매뉴얼 등)를 보급하여 디지털 격차를 해소하고, 업무 효율성을 제고해야 한다. 이와 같이 현장과 사무실 인력을 아우르는 디지털 역량 강화가 이뤄질 때, 빅데이터 기술이 현장에 성공적으로 뿌리내릴 수 있다.

마지막으로 성공 사례의 전파와 조직 문화 형성도 중요하다. 초기 도입 기관이나 파일럿 사업의 성과를 적극적으로

공유하고, 직원들이 새로운 방식을 두려워하지 않고 수용할 수 있도록 유도해야 한다. 이를 통해 조직 전반에 데이터 기반 의사결정 문화를 정착시키는 것이 궁극적으로 필요하다.

4.5 법·제도 정비 및 지원

기술 발전에 행정이 뒤따라가는 상황을 방지하기 위해서는 선제적인 제도 정비가 필요하다. 우선, 도로 관련 법규에 유지관리 단계에서의 데이터 수집 및 활용에 대한 법적 근거를 명문화하고, 민감 정보 보호를 위한 개인정보 보호 지침을 마련해야 한다. 또한 유지관리 예산 편성 시, 예방적 보수나 스마트 유지관리 항목을 별도로 책정하여 지방자치단체가 자율적으로 투자할 수 있도록 유도해야 한다. 성과 평가 측면에서도, 단순히 가시적인 보수 실적이 아니라 사전에 파손을 예방한 실적을 인정하는 평가 지표를 개발하여, 기관들이 예방적 노력에 동기를 부여받을 수 있도록 해야 한다. 마지막으로, 관련 산업 생태계를 육성하기 위해 표준화 기구 및 인증 제도를 마련할 필요가 있다. 예를 들어, 유지관리용 AI 소프트웨어나 센서에 대한 성능 평가 및 인증 체계를 도입하면 제품 신뢰도를 높이고 시장 형성에도 기여할 수 있다.

정부 차원의 로드맵 수립과 이행 점검 체계도 마련하여, 민·관·학이 함께 목표를 공유하고 추진 상황을 모니터링해야 한다. 이러한 체계는 단발적인 시범사업에 그치지 않고 지속적인 혁신을 추구하기 위한 필수적인 거버넌스 장치라 될 것이다. 🇰🇷



숫자와 그림으로 보는 터널 이야기

- 제11강 TBM 터널 리스크와 안전관리 -

Risk and Safety Management in TBM Tunnelling

김영근 | (주)건화 부사장, 한국터널지하공간학회 부회장, 공학박사, 기술사



지질 및 암반과 같은 땅을 굴착하는 터널공사는 지반 자체의 불확실성으로 인해 지반조사 및 설계를 철저히 한다 하더라도 TBM 공사 중 다양한 사고가 발생하게 된다. 과거에 발생한 다양한 TBM 터널 사고에 대한 교훈으로부터 설계 및 시공의 기술적 문제, 그리고 설계, 시공 및 감리와 같은 공사체계의 문제, 이를 운영하고 관리하는 시스템의 문제 등이 지속적으로 개선되고 발전하여 왔다. 본 고에서는 TBM 사고로부터 얻은 교훈을 바탕으로 TBM 터널 사고를 최대한 줄이고 TBM 터널공사를 안전하게 수행할 수 있는 방법을 [표 1]에 10가지 키워드로 정리하였다. 또한 TBM 터널 사고를 줄이는 방법에 대하여 TBM 터널의 핵심사항을 구분하고, 이에 대한 주요 관리대책과 대응방안 등에 대하여 기술하였다.

[표 1] TBM 터널링 리스크와 사고 줄이는 방법

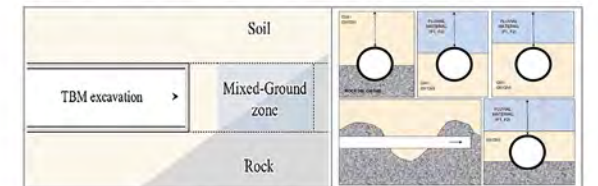
	Key Risk	Cause	Effect
지 오 리 스 크	복합 지반	Mixed Ground	굴진저하/디스크 마모
	극경암	Very Hard Rock	굴진저하/디스크 마모
	단층파쇄대	Fault/Fractured Zone	굴진저하/Trapping
	연약지반	Weak Ground	굴진저하/물+토사유입
	출수/용수	지하수 과다유입	굴진저하/물+토사유입
	TBM 장비고장	부적합 설계/운영	굴진 불가(수리/교체)
시 공 리 스 크	막장압 관리	지보역할 부족	지반함몰/싱크홀
	배토량 관리	보강성능 부족	지반함몰/싱크홀
	그라우팅 관리	지수성능 부족	누수/출수
	피난연락경 굴착	NATM 굴착	함몰/토사유입/붕락
	Key Points	How to Control	
T B M	최적 TBM 장비선정	지반/암반에 적합한 장비선정이 중요하다	
	굴진/막장압 관리	굴진중 굴진 데이터 분석에 집중하자	
	굴착도 관리	굴착도는 정량적으로 관리하자	
	TBM 정지시 관리	TBM 정지시가 주변거동 파악에 주의하자	
	피난연락경 시공관리	피난연락경 시공이 가장 위험하다	
	지질/시공 리스크 관리	굴진중 지질/시공 리스크 관리는 필수이다	

1. TBM 터널의 주요 리스크

1.1 지오 리스크 - 복합 지반(Mixed Ground)

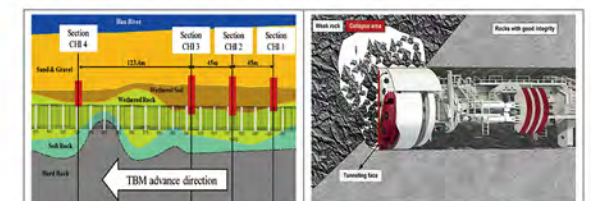
지반공학적 관점에서 복합 지반(mixed ground)은 현저하게 다른 특성을 가진 두 개 이상의 지질학적 형성 또는 서로 다른 풍화 등급을 가진 동일한 지질학적 형성이 동시에 발생하는 것으로 정의된다. 특히 TBM 터널링의 경우, 복합 지반조건이라는 용어는 터널 면이 두 가지 이상의 암석 유형으로 완전히 구성되어 있을 때 사용된다. TBM 터널링에서 발생하는 복합 지반은 큰 문제를 야기하며, 경고 없이 잠재적인 위험을 유발할 수 있다. 따라서 이러한 불리한 조건에 대한 자세한 이해는 성공적인 TBM 터널 시공에 매우 중요하다.

[그림 1] TBM 터널링에서의 복합 지반(Mixed Ground)



일반적으로 복합지반 조건은 커터마모, 롤러커터헤드 걸림, 지반침하, TBM 성능 저하 및 비용 초과로 이어질 수 있으며, 막장면 불안정성, 굴착도 운반 문제 등 주요 문제가 발생할 수 있다. 불리한 지반조건으로 인해 TBM 성능이 크게 제한되고, 추가 비용이 많이 들거나 가동 중지 시간이 길어지며, 경우에 따라 무기한 지연이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 지반조건에 적합한 TBM 타입 선정과 지반 특성에 맞는 TBM 운영의 최적화 등이 필요하다.

[그림 2] 복합 지반(Mixed Ground)에서의 트러블



1.2 지오 리스크 - 극경암(Very Hard Rock)

불리한 지질 조건은 TBM 진전 속도와 커터 마모에 심각한 영향을 미쳐 TBM 활용도가 매우 낮아지고, 추가 비용이 많이 발생할 수 있다. TBM 굴착에 영향을 미치는 불리한 지질 조건은 복합 지반, 파쇄 암반, 고응력 암반, 극경암의 네 가지 유형으로 요약할 수 있다. 매우 단단하고 마모성이 강한 암석은 커터 마모를 증가시키고 굴진율을 감소시킴으로써, 과거와 현재 진행 중인 TBM 프로젝트에 큰 문제가 되고 있다. TBM의 성능 및 용량을 개선하거나 보조 암석 파괴방법을 개발하여 이러한 극경암에서 TBM 성능을 향상시키기 위한 많은 연구가 수행되었다.

[그림 3] 암반의 특성에 따른 TBM



저굴진은 TBM이 충분한 속도로 면을 관통할 수 없거나 절삭 공구의 마모가 허용 한계를 초과하는 것으로 정의할 수 있다. 커터 헤드의 2~2.5mm/rev 미만의 관통 속도는 굴진 문제의 지표로 간주할 수 있다. 암석의 높은 강도와 마모성은 낮은 관통에서 제한된 칩 형성을 초래하고, 커터 마모가 과도하게 비례적으로 증가하게 된다. TBM 터널링은 기계와 지반의 상호작용에 달려 있으며, TBM 커터에 의한 암석 파쇄 과정과 TBM 굴착 효율은 암반 특성과 밀접한 관련이 있다.

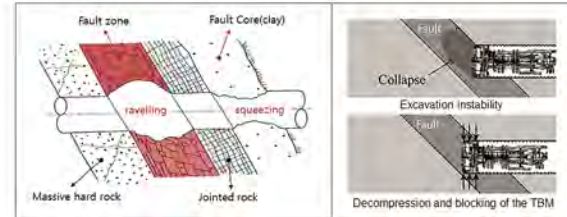
[그림 4] 극경암에서의 TBM 굴진 시 문제



1.3 지오 리스크 - 단층파쇄대(Fault Fracture zone)

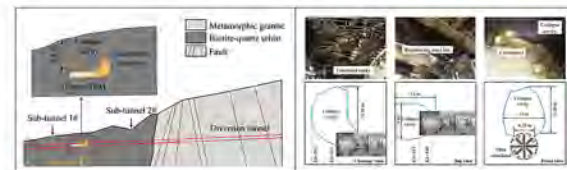
TBM이 해결해야 할 암반 조건은 매우 다양하며, 발주자와 TBM 설계자 및 제조업체는 컨설턴트의 조언에 크게 의존하여 발생할 가능성이 있는 암반 조건의 범위를 검토해야 한다. TBM 터널링 시 안정성과 관련한 네 가지 사례를 예로 들어 설명하면, 단층대(fault zone)는 라벨링(ravelling) 거동을 일으킬 것으로 예상되며, 단층 코어/점토(core)는 압착(squeezing)될 수 있다. 절리가 발달한 암반(jointed rock)은 지보가 필요하지 않아 TBM에 이상적일 수 있으며, 절리가 거의 없는 경암반(hard rock)은 마모성이 강하여 굴진이 어렵다.

[그림 5] TBM 터널링 시 안정성 영향을 미치는 사례



암반은 종종 파쇄되어 있으며, 그 파쇄 정도는 RQD, 절리 간격, 블록 크기 및 체적 절리 수를 포함한 여러 지수로 정량화할 수 있다. GS(지질 강도 지수) 시스템에서는 암반 구조를 블록형, 매우 블록형, 그리고 일반적으로 단층 및 전단대에서 나타나는 붕괴되고 전단된 암반으로 정량화한다. TBM 터널링 시 가장 문제가 되는 경우는 파쇄 암반으로, 굴진 시 세심한 주의가 요구된다.

[그림 6] TBM 터널링의 단층파쇄대 구간에서의 붕괴사례

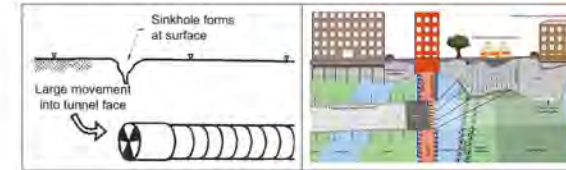


1.4 지오 리스크 - 연약지반(Soft Ground)

연약지반의 경우 굴착면이 불안정하여 실드 챔버 내부로 토사가 유입될 가능성이 높는데, 이는 굴진 작업을 방해하

고 장비 고장의 원인이 될 수 있다. 또한 토사의 강도가 약하거나 지하수 유입이 많은 경우, 굴착면이 붕괴되어 실드 챔버가 손상되거나 굴진이 중단될 수 있다. 그리고 굴진 과정에서 지반이 침하되어 지상 구조물에 손상을 입거나 주변 환경에 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 토사 터널링에 사용되는 실드 TBM은 오픈형 방법에 비해 우수한 배수 제어를 제공할 수 있지만, 단단한 암석에서 사용할 경우 마모가 심하다는 문제가 있다. 연약지반에서의 간극수압 감소는 압축으로 이어지며, 기초가 있는 건물의 경우 침하를 초래하여 막대한 피해를 입힐 수 있다.

[그림 7] 실드 터널링에 의한 리스크



이러한 문제를 해결하기 위하여 굴진 전 정밀한 지반 조사를 통해 토사의 종류, 강도, 지하수위 등을 정확히 파악하고, 적절한 굴진 계획을 수립해야 한다. 또한 연약지반의 특성에 맞는 절삭체, 실드 면판, 유압 시스템 등을 선정하고, 주기적인 점검 및 유지보수를 실시해야 한다.

[그림 8] 실드 터널링에 의한 문제

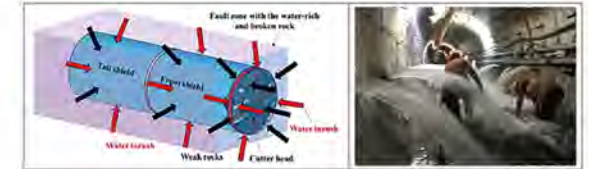


1.5 지오 리스크 - 출수/용수(Water Inflow and inrush)

일반적으로 비배수 개념의 TBM 터널은 굴진 중 출수 및 용수 문제는 크게 발생하지 않는다. 하지만 단층파쇄대 및 대수층과 같은 지질 조건을 조우하게 되면 상당한 정도의 출수가 발생하게 되고, 이는 TBM 굴진 자체에 지장을 주게 된다. TBM 커터헤드가 단층파쇄대에 진입하기 시작할 때, 단층파쇄대와 터널 사이에 침투 채널이 먼저 발생하고, 국

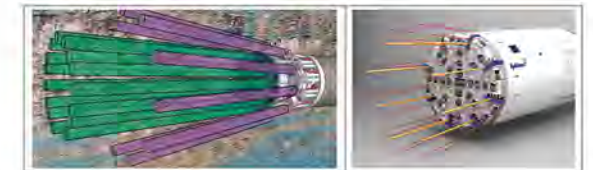
부적인 최대 유입은 단층파쇄대와 양호한 암반 사이에서 발생한다.

[그림 9] TBM 터널링에서의 출수/용수 리스크



실드 TBM 굴진 시 막장에서 갑작스러운 붕락 또는 지하수 유출이 발생할 경우, 사전에 전방 지질 상태 파악을 위한 드릴링과 갱내에서의 그라우팅 시스템이 매우 중요한 역할을 하게 된다. 특히 해저 통과 구간의 경우, 지상에서의 보강 그라우팅이 현실적으로 어렵기 때문에 갱내에서의 전방 드릴링 및 그라우팅 시스템 구축의 중요성이 더욱 커진다. 대부분의 장비 제작사에서는 옵션 사항으로 전방 드릴링 및 그라우팅 시스템을 제안하고 있으며, 굴진 중 지속적인 지질 관찰을 통해 전방 지질을 예측·평가하고, 그라우팅의 필요성을 면밀히 검토해야 한다.

[그림 10] TBM 막장 전방 그라우팅 시스템



1.6 시공 리스크 - TBM 장비 고장(TBM Breakdown)

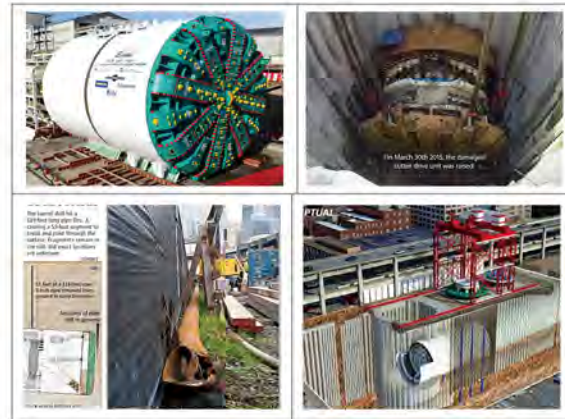
TBM 장비 고장은 터널 공사 현장에서 예상치 못한 지연과 비용 증가를 야기하는 심각한 문제이다. TBM은 터널 굴착 작업의 핵심 장비로, 이 장비의 고장은 전체 공사 일정에 큰 영향을 미치며 결과적으로 공사비를 상승시키는 주요 원인이 된다. TBM 고장의 원인으로는 부품 마모, 유압 시스템 문제, 전기 시스템 이상 등의 기계적 결함, 예상치 못한 지반 조건으로 인한 과부하, 부적절한 운전, 유지보수 미흡 등의 운영 미숙, 지진, 침수 등과 같은 외부 요인 등이 있다.

◎ 최악의 TBM 장비 사고

Bertha TBM(S99 Tunnel Project, USA)

Bertha TBM은 Alaskan Way Viaduct 교체 터널 프로젝트를 위해 제작된 직경 17.5m의 TBM이다. 2013년 12월 6일, 예상치 못한 장애물로 인해 330m 지점에서 작업이 중단되었다. 지하수를 측정하는 데 사용되던 강관에 부딪혀 절단 날이 여러 개 파손된 것으로 확인되었으며, 후속 조사에서 메인 베어링과 쉘 시스템의 일부가 손상되어 베어링이 작동 중 과열된 것으로 밝혀졌다. 이후 2년에 걸쳐 2015년에는 TBM 수리 및 부분 교체를 위해 TBM 커터헤드에 접근하고 들어올리기 위해 지표면에서 수직구를 굴착하였다. 이후 업그레이드된 TBM으로 공사를 재개하였고, 이로 인해 공기가 2년 지연되었으며 공사비는 2억 2,330만 달러 증가하였다. 터널은 2019년 2월에 개통되었다.

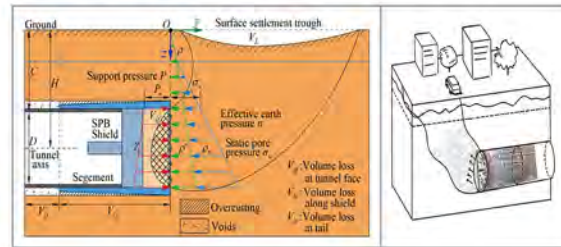
[그림 11] TBM 장비 사고 - Bertha TBM(S99 Tunnel Project, USA)



1.7 시공 리스크 - 막장압 관리(Face Control)

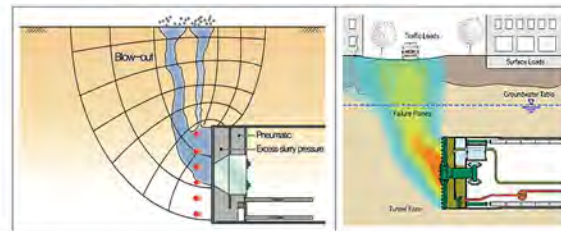
막장압은 쉴드 TBM이 굴착하는 과정에서 굴진면(막장)에 작용하는 압력을 의미하며, 지반의 종류, 굴착 속도, 굴착 깊이 등 다양한 요인에 따라 달라지게 된다. 막장압이 너무 낮으면 굴진면이 붕괴될 위험이 있으며, 막장압이 너무 높으면 쉴드 TBM 장비에 과도한 부하가 걸려 고장이 발생할 수 있다. 또한 막장압이 불안정하면 터널 내부로 물이 새어 들어올 수 있으며, 막장압이 과도하게 높으면 지표면이 융기하거나 침하될 수 있다.

[그림 12] TBM 터널에서의 막장압 관리



막장압 유지가 어려운 리스크는 단층파쇄대, 복합지반, 연약지반 등 불리한 지반 조건에서 시공하는 경우에 발생할 가능성이 크다. 이에 대처하기 위해 설계 단계에서는 지반 조사의 양을 늘리고, 위험 지반에 대한 보강 계획을 수립하며, 적절한 장비 타입을 결정해야 한다. EPB TBM의 경우에는 첨가제 투입 설비를 설치하고, Slurry TBM의 경우에는 지반에 대비한 이수 조정 장치를 설치하는 것이 필요하다. 시공 단계에서는 지반 보강 시행, 숙련된 장비 운용, 첨가제 투입 및 이수 조절 수행, 지표 침하 체크, 배토량 측정 등이 요구된다.

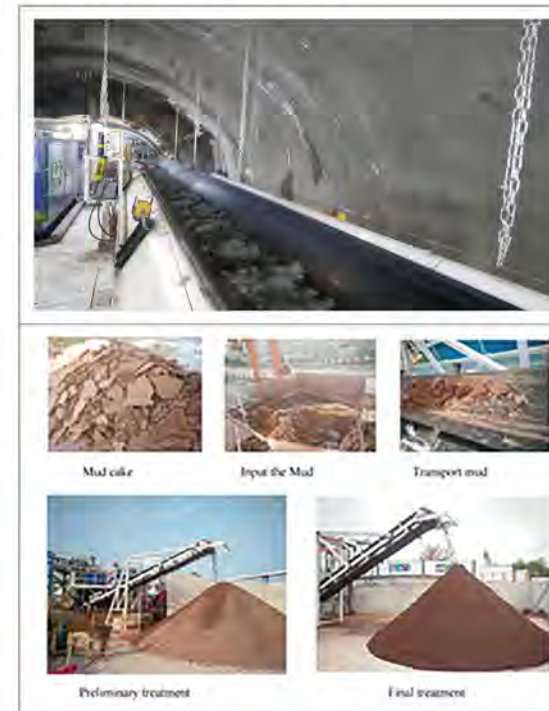
[그림 13] TBM 터널에서의 막장압에 의한 리스크



1.8 시공 리스크 - 배토량 관리(Excavated Material Management)

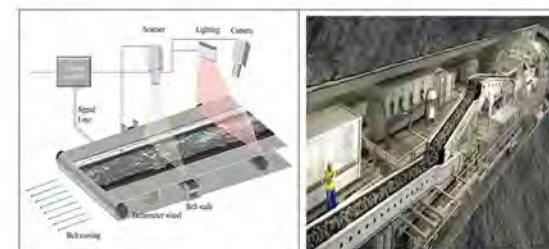
쉴드 TBM은 막장을 직접 볼 수 없기 때문에, 송배니 계통에 설치된 유량계와 밀도계를 이용한 계측을 통해 굴착 토량을 관리하는 방법을 적용하고 있다. 관리 항목은 추진에 따른 굴착량과 건사량의 두 가지이다. 미세한 점토질 토양에서의 쉴드 드라이브는 종종 막힘의 영향을 받는다. 이러한 막힌 재료의 벽은 절단 휠의 뒤쪽에서 후속 이송 시스템까지 굴착된 재료의 직접 경로를 악화시키거나, 심지어 방해하게 되어 운전을 특히 어렵게 만든다.

[그림 14] TBM 터널에서 배토량 관리



배토와 관련해서는 자갈층 지반에 대비하여 돌분쇄기를 설치해야 하며, EPB TBM의 경우 스크류 컨베이어에 점점창을 설치할 수 있다. 또한 점토질 지반 및 지하수 과다 지역에 대비한 첨가제 투입 계획 및 장비를 마련해야 한다. Slurry TBM의 경우, 이수 조절 장치 설치 및 조절 계획을 수립해야 한다. 시공 단계에서는 EPB TBM의 경우, 지반에 적합한 첨가제를 투입하여 배토의 품질을 확보하는 것이 가장 중요하며, Slurry TBM의 경우에는 이수를 조절하고 수압을 모니터링하며, 배관 마모도 및 펌프에 대한 정기적인 점검 및 교체가 필요하다.

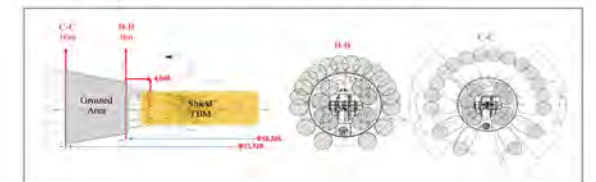
[그림 15] TBM 터널에서 정량적인 배토량 관리



1.9 시공 리스크 - 그라우팅 관리(Grouting Management)

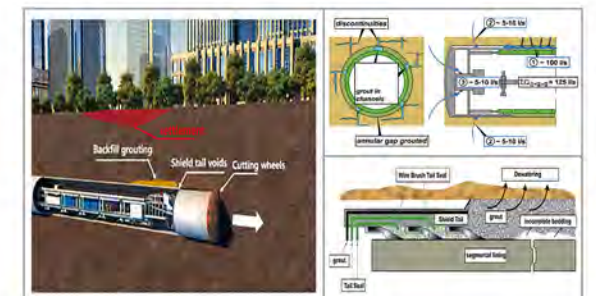
TBM 터널 공사에서 지반을 보강하는 보조 공법으로는 그라우팅이 일반적으로 활용되어 오고 있다. 그라우팅은 시공 시점에 따라 포스트 그라우팅(post-grouting)과 프리 그라우팅(pre-grouting)으로 나눌 수 있으며, 프리 그라우팅은 주입공의 위치에 따라 지상에서부터 보강이 이루어지는 수직 그라우팅과 TBM 본체 내에서 수행하는 갠내 그라우팅으로 구분할 수 있다. 일반적으로 포스트 그라우팅은 프리 그라우팅보다 보강 작업에 더 많은 시간과 비용이 소요될 뿐만 아니라, 보강 효율도 낮기 때문에 프리 그라우팅 공법을 보완하는 목적으로 활용된다.

[그림 16] TBM 내부에서의 그라우팅 레이아웃



TBM 굴착 시 그라우팅의 적용은 토사지반에서 디스크 커터 교체를 위해 굴진면 전방의 보강이 필요할 경우, 굴착면의 안정성이 요구될 경우, 지하수 유입 차단이 필요한 경우 등에 이루어진다. 즉, 지반 보강과 차수를 위하여 그라우팅을 적용하며, 목적에 따라 그 방법과 재료 선정이 달라지게 된다. 지반 보강과 차수를 목적으로 하는 그라우팅은 공법이 다양하므로, 목적과 경제성을 고려하여 최적의 공법을 신속하게 선정하고 시공하는 것이 바람직하다.

[그림 17] TBM 터널에서의 그라우팅



1.10 시공 리스크 - 피난연락갱 굴착 (Cross Passage Excavation)

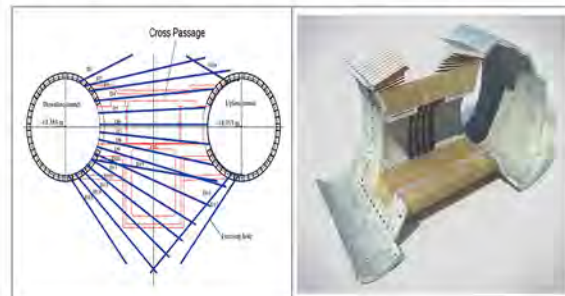
터널에서 피난연락갱(cross passage)은 터널 내부에서 발생할 수 있는 화재, 붕괴 등의 비상 상황 시 사람들이 안전하게 대피할 수 있도록 연결하는 통로를 의미한다. 일반적으로 두 개 이상의 터널이 병행하여 건설될 때, 이들 터널을 연결하는 역할을 하며 비상시에는 피난 경로로 활용된다. TBM 터널의 경우 지반 특성을 고려하여 TBM 공법을 적용하지만, 대부분의 경우 피난연락갱의 굴착에는 NATM 굴착 방법을 적용하고 있다. 이는 TBM 터널링에서 가장 위험한 리스크 중 하나로, 피난연락갱 굴진 시 TBM 터널에서 붕락 사고가 발생하는 경우가 있다.

[그림 18] TBM 터널에서의 피난연락갱 NATM 시공



TBM 터널에서 피난연락갱을 안전하게 시공하기 위해 가장 중요한 것은 피난연락갱 주변에 대한 지반 그라우팅을 확실히 수행하여, 지반의 강도를 증가시키고 지반의 투수성을 감소시켜 굴착에 의한 지하수 유동을 차단하는 것이다. 또한 필요한 경우 지반 동결 공법 등을 적용하여 관리해야 한다. 특히 기존 세그먼트 해체 시에는 사전에 그라우팅의 차수 효과에 대한 관리가 필수적으로 수행되어야 한다.

[그림 19] TBM 터널에서의 피난연락갱 주변 그라우팅



2. TBM 터널에서 사고를 줄이는 방법

2.1 지반/암반에 적합한 TBM 장비를 선정하자

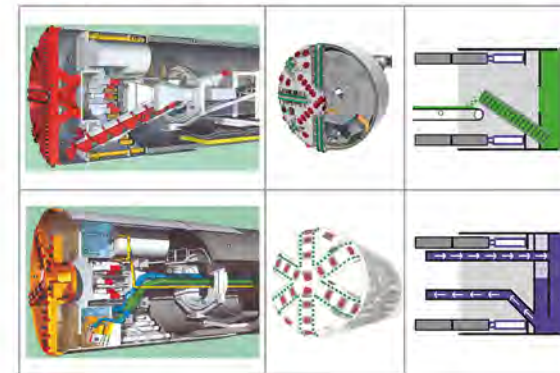
TBM 장비 선정은 TBM 터널 공사의 성공을 좌우하는 매우 중요한 결정 사항이다. 지반 및 암반 조건에 따라 적합한 TBM을 선택해야 공기 단축, 공사비 절감, 안전 확보 등의 효과를 기대할 수 있다. [표 2]에는 TBM 분류가 나타나 있다.

[표 2] TBM 분류

지반 조건	쉴드 유무	TBM 장비		지보/라이닝
경암반/ 연암반 Hard Rock Soft Rock	Open TBM	Gripper TBM		shotcrete + 콘크리트 라이닝
	Rock TBM	Single Shield TBM		세그먼트 라이닝
		Double Shield TBM		세그먼트 라이닝
토사/ 복합 지반 Soft Ground Mixed Ground	Shield TBM	EPB Shield TBM		세그먼트 라이닝
		Slurry Shield TBM (Hydro/Mixed Shield)		세그먼트 라이닝
		Hybrid (Multi) TBM (EPB+Slurry)		세그먼트 라이닝

TBM 장비 선정 시에는 토질, 암종, 지하수위, 지압 등을 종합적으로 고려해야 한다. 연약 지반에는 쉴드 TBM, 암반에는 오픈 TBM이 일반적으로 적합하며, 특히 지반 상태와 조건에 따라 Slurry 타입과 EPB 타입을 적절히 결정하는 것이 매우 중요하다.

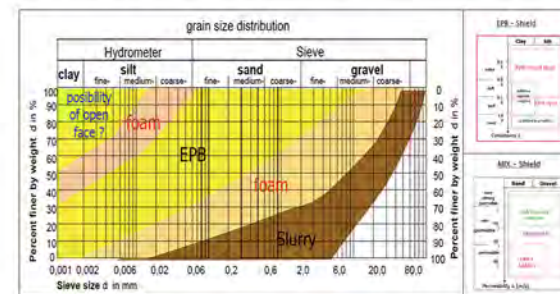
[그림 20] Slurry 쉴드 VS. EPB 쉴드



◎ 적합한 TBM 장비 선정하는 방법

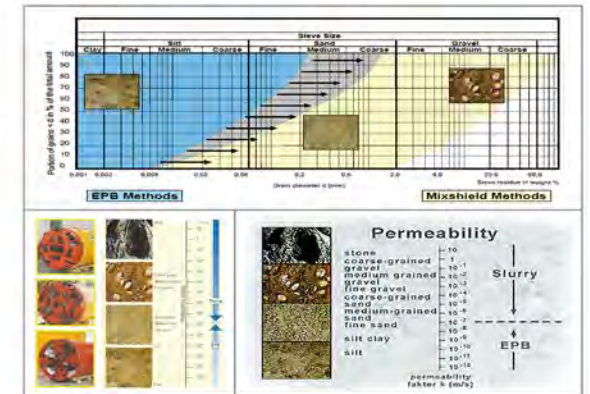
적합한 TBM 장비를 선정하기 위해서는 정확한 지반 조사를 통해 지반 특성을 파악하고, 터널 형상과 규모 등을 결정된 뒤 TBM에 요구되는 성능을 명확히 해야 한다. 또한 다양한 TBM 제작사의 장비를 비교·분석하여 프로젝트에 가장 적합한 장비를 선정하도록 해야 한다. 특히 지반 특성에 따라 적합한 TBM 타입을 선정하는 것은 [그림 21]에 나타난 표를 참고하여 결정하게 되며, 지반의 종류, 강도, 투수성 등을 종합적으로 고려하여 적합한 TBM을 선택해야 한다.

[그림 21] 지반조건에 따른 TBM 타입 선정



최근에는 TBM 장비 기술이 발전함에 따라 EPB 방법과 Slurry(Mix) 방법의 적용 범위가 확대되고 있으며, 토사와 암반이 교호하는 복합지반에서의 적용성도 개선되고 있다. 또한 굴진 중 조울할 수 있는 다양한 지질 리스크를 사전에 확인하고 이를 TBM 장비 사양에 반영하는 것이 매우 중요하다.

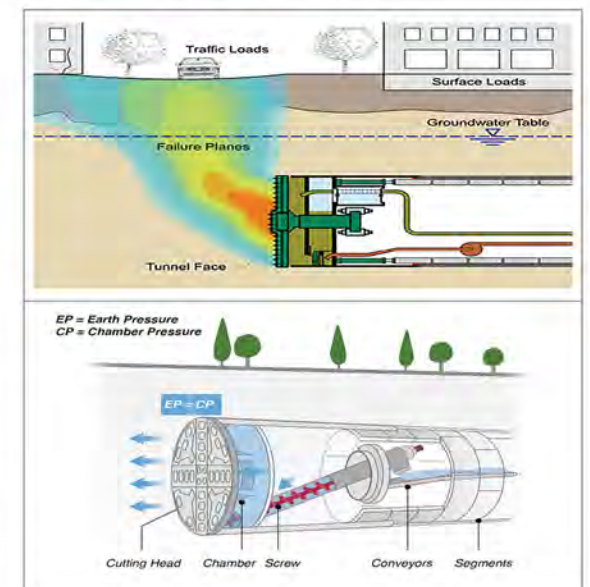
[그림 22] 지반조건에 따른 TBM 장비 선정



2.2 막장압 관리에 최선을 다하자

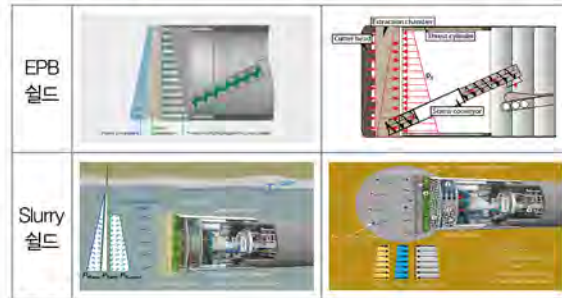
TBM 터널에서 굴착 전 지반의 상태는 안정된 원지반의 상태로, 토압과 수압이 균형을 이루고 있다. 그러나 TBM 터널 굴착이 이루어진 후에는 막장과 터널 벽체로부터 토압과 수압이 내부로 작용하게 된다. 쉴드 TBM은 챔버 내에 채워진 이토/슬러리 압력으로 막장의 토압과 수압을 지지하게 된다. 막장 안정은 토압 및 수압과 챔버 내 압력을 조절하여 균형을 유지함으로써 지반 교란을 최소화할 수 있으며, 이러한 균형이 깨지면 지반 침하나 융기, 지반 함몰 등이 발생할 수 있다.

[그림 23] 쉴드 TBM에서의 막장 안정성



EPB 실드 TBM에서의 막장압은 굴진 속도와 스크류 컨베이어의 회전수에 의해 제어되며, 추진력에 의해 챔버 내에서 가압된 굴착토의 토압이 굴진면 전체에 작용하여 막장의 안정성을 확보하게 된다. 슬러리 실드 TBM은 굴착된 토사를 물과 혼합하여 슬러리 상태로 만들어 배출하는 방식으로, 막장압 관리가 매우 중요하다.

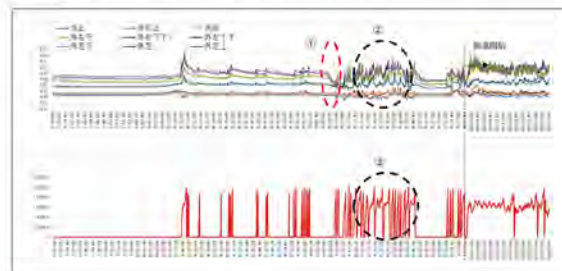
[그림 24] 막장압 작용과 막장압 계산



◎ 막장압 관리 잘하는 방법

실드 TBM 터널 시공에 있어 막장압 관리는 막장면 붕괴, 지반 침하 등을 방지하고 막장의 안정성을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 특히 챔버 내부의 굴착토로 막장압을 조절하는 EPB 실드 TBM의 경우, 슬러리 실드 TBM에 비해 막장압 관리가 더 어려우므로 굴진 중 막장압에 대한 세심한 관리가 매우 중요하다. 막장압 관리 방법은 챔버 내 압력 조절, 굴착 토사의 유동성 조절, 잭 추력 조절, 개구율 조절 등을 통해 이루어진다.

[그림 25] 막장압 데이터와 막장압 관리



최근 도입된 실드 TBM AI 굴진 시스템은 실드 TBM의 운용 및 제어를 위한 첨단 시스템이다. 굴착할 지반 조건과 실드

TBM의 위치 및 자세에 따라 TBM의 방향을 계획대로 정밀하게 제어하고, 터널 막장면의 압력을 적절한 값으로 유지하도록 한다. 이는 안전과 품질의 안정적인 확보를 가능하게 하며, 동시에 개별 작업자의 경험과 기술을 시스템에 전수하는 역할도 수행한다.

[그림 26] 실드 운영 및 제어를 위한 AI 시스템(일본 도큐건설)



2.3 정량적인 굴착토 관리가 반드시 요구된다

TBM 공법에서 굴착토 관리는 단순히 굴착된 토사를 제거하는 것을 넘어, 막장 안정성 확보, 장비 효율성 증대, 환경 문제 해결 등 다양한 목표를 달성하기 위한 중요한 작업으로, 정량적인 관리를 통해 더욱 효율적이고 안전한 시공이 가능하다. 굴착토량이 부족하면 막장이 붕괴될 위험이 있고, 과다하면 장비에 과부하가 걸릴 수 있다. 정량적인 관리를 통해 막장 압력을 일정하게 유지하여 안정성을 확보할 수 있다. 굴착토량이 부족하면 굴착 속도가 저하되고, 과다하면 슬러리 밀도가 변화하여 장비 성능에 악영향을 미칠 수 있다.

[그림 27] 실드 TBM에서의 굴착토 배출시스템



실드 TBM에서는 계획된 굴착토량과 실제 굴착토량에 차이가 있을 경우, 지하 구조물에 영향을 미치고 지표면의 침하 또는 융기를 유발하며, 함몰 사고로 이어질 수 있다. 따라서 굴착토의 양을 정확하게 측정하고 관리하는 것이 매우 중요하다. 과거에는 굴착이 완료된 후 철제 차량을 유역

으로 운반할 때 굴착토의 부피를 레이저 스캐너로 측정했지만, 실시간으로 측정할 수는 없었다. 또한 컨베이어 벨트의 속도와 불규칙한 퇴적물 배출로 인해, 컨베이어 벨트에서 배출되는 퇴적물의 표면을 정확히 파악하기 어려웠다.

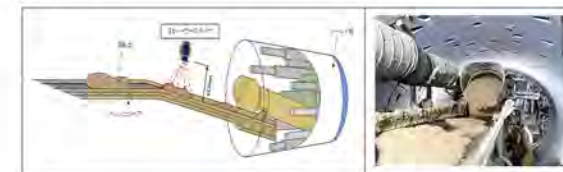
[그림 28] 실드 TBM에서의 굴착토



◎ 굴착토 관리 잘하는 방법

굴착토량을 계측하는 방법에는 굴착토 반출 설비(스크류 컨베이어, 벨트 컨베이어 등)에 부착된 계측기를 통해 굴착토량을 직접 측정하거나, 굴착토를 일정 용량의 용기에 담아 무게를 측정하여 부피를 계산하는 직접 계측 방식이 있다. 또한 굴착 속도와 굴착 단면적을 이용하여 굴착토량을 추정하거나, 챔버 내 압력 변화를 측정하여 굴착토량을 추정하는 간접 계측 방식도 활용된다. 이 외에도 지반 조건, 굴착 속도, 챔버 내 압력 등 다양한 변수를 고려한 예측 모델을 개발하여, 수치해석 기법을 통해 굴착토량을 예측할 수 있다. 굴착토량, 챔버 내 압력, 슬러리 밀도 등을 실시간으로 모니터링함으로써 굴착 작업을 보다 효율적으로 관리할 수 있다.

[그림 29] 실드 TBM에서의 굴착토의 계측 시스템



정량적인 굴착토 관리 시에는 지반 조건, 굴착 속도, 챔버 내 압력, 슬러리 밀도, 굴착토의 특성 등을 충분히 고려해야 한다. 최근에는 벨트 컨베이어 위에 3D 레이저 스캐너를 설치하고, 레이저를 방출하여 얻은 포인트 클라우드를 기반으로 배출되는 굴착토의 유동 퇴적물을 3D 영상으로 생성하는 기

술도 개발되었다. 실드 TBM 공법에서 정량적인 굴착토 관리는 막장 안정성 확보, 장비 효율성 증대, 환경 문제 해결 등 다양한 측면에서 매우 중요한 역할을 한다.

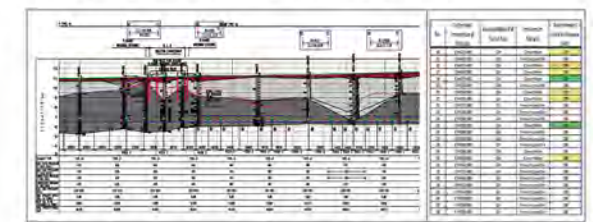
[그림 30] 실드 TBM에서의 굴착토의 정량적 측정



2.4 TBM 장비 정시지 지반 거동을 주의 깊게 관리하자

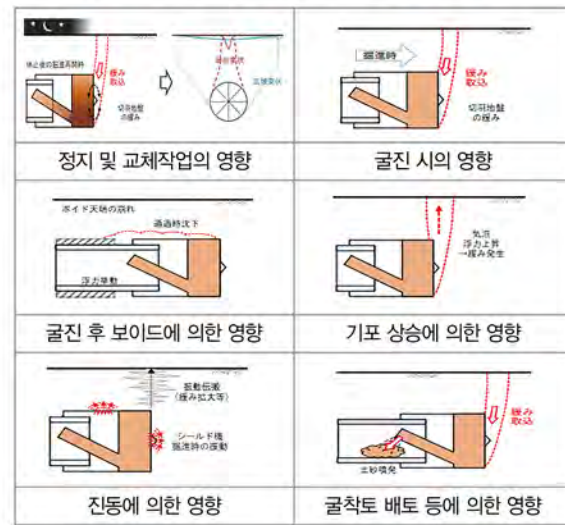
TBM 굴진 시 지반과의 마찰로 인해 마모가 발생하게 되며, 일정 수준 이상의 마모는 커터의 성능 저하를 유발한다. 특히 적시에 교체되지 않을 경우 인접 커터의 거동에 영향을 미치고, TBM 장비에 추가적인 부하를 발생시켜 굴착 효율을 저하시킬 수 있다. CHI(Cutter Head Intervention)는 커터가 마모되거나 손상되어 교체가 필요할 때, 또는 예정된 정비를 위해 작업을 중단하는 것을 의미한다. TBM 설계 시에는 적절한 계획된 CHI 위치를 식별하고, CHI의 안전한 실행을 위해 승인된 계획에 필요한 조치를 평가하고 명시해야 한다. 가능하다면 계획되지 않은 CHI는 피해야 하며, 고위험 CHI 위치에서는 지상 처리를 제공해야 한다 [그림 31].

[그림 31] TBM 설계 시 CHI 위치와 지반조건



커터 또는 비트를 교환해야 하는 경우, 지반 조건과 수리 조건을 고려하여 교환 위치를 계획해야 한다. 또한 커터가 편마모되었거나 파손된 경우에는 커터의 베어링, 실링, 커터 하우스 기능의 정상 여부를 점검해야 한다. 이상 마모가 발생한 경우 그 원인을 파악하여 굴진 계획에 반영해야 한다.

[그림 32] TBM 장비 정지, 굴진, 굴착도 배토 시의 영향



● 지반거동 잘 파악하는 방법

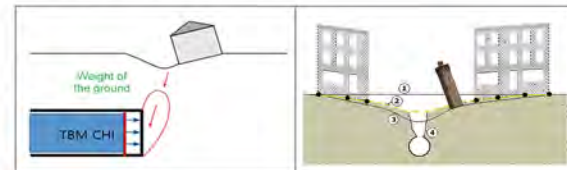
TBM 장비 정지 시 지반 거동 변화를 정확하게 파악하고 안전 문제를 예방하기 위해 다양한 계측 방안을 활용할 수 있다. CHI 계측에는 지반 거동과 막장 상태를 파악하기 위하여 지중변위계(RX), 지반침하계(SM), 막장압, 압력 단계 감소 절차, 허용 가능한 스탠드업 타임을 포함한 필요한 계측기를 지정해야 한다. RX 또는 SM을 설치하는 것이 실행 불가능한 경우에는 지반 거동을 모니터링할 수 있는 대체 수단을 제안해야 한다. 계측 주기는 CHI 중에 주기적으로 자주 실시하도록 하고, 특히 CHI 위치가 도로인 경우에는 특별히 유의해야 한다.

[그림 33] TBM 터널 계측



TBM 장비 정지 및 커터 교체 작업 시 주변 지반에 상당한 영향을 미치므로, 지반에 어떤 변화가 발생할지를 사전에 예측하고 관리하는 것이 매우 중요하다. 특히 TBM 정지 시 나타날 수 있는 주요 변화 사항으로는 막장압 변화, 지하수 유입 증가, 지반 침하 발생, 주변 구조물에 대한 영향 등이 있다. TBM 장비 정지 시 계측은 터널 굴착 공사의 안전성과 효율성을 높이는 데 필수적이므로, 다양한 계측 장비를 활용하여 지반 거동을 정확하게 파악하고 실시간으로 모니터링하여 안전 문제를 예방해야 하며, 긴급 상황에 대비한 비상 대응 계획도 수립해야 한다.

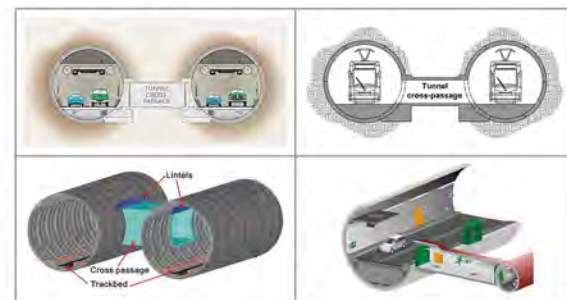
[그림 34] TBM CHI 시의 주요 리스크



2.5 피난연락갱(Cross Passage) 시공에 주의하자

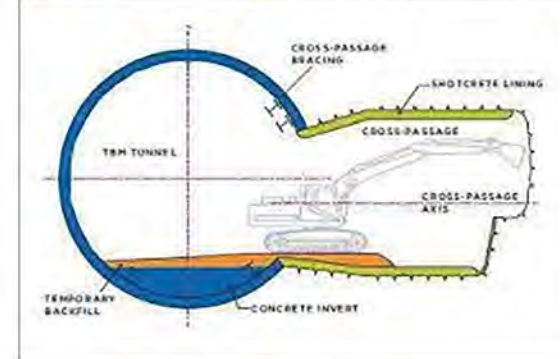
단선 병렬 터널의 경우, 상행선과 하행선을 서로 연결해주는 방재 통로인 피난연결통로(cross passage)를 일정한 간격으로 반드시 설치하도록 하고 있다. [그림 35]에는 TBM 터널에 설치된 전형적인 피난연결통로가 나타나 있다. 피난연결통로는 화재, 붕괴 등의 비상 상황 발생 시 인원과 장비를 안전하게 외부로 이동시키는 주요 통로이며, 구조대가 사고 현장에 신속하게 접근하고 구조 작업을 수행할 수 있도록 지원한다. 또한, 터널 내부의 유해 가스를 배출하고 신선한 공기를 공급하여 피해를 최소화하는 역할을 한다.

[그림 35] TBM 터널과 Cross Passage



특히 TBM 터널에서 피난연결통로는 본선 구간의 TBM 공법과는 달리, 대부분 NATM 공법으로 설계되고 시공된다. 즉, 이미 설치된 세그먼트를 분해한 후 해당 위치에 일정한 공간을 굴착하게 되므로, 가장 리스크가 큰 공정 중 하나이다. 따라서 피난연결통로 시공 시에는 철저한 안전 관리가 요구된다.

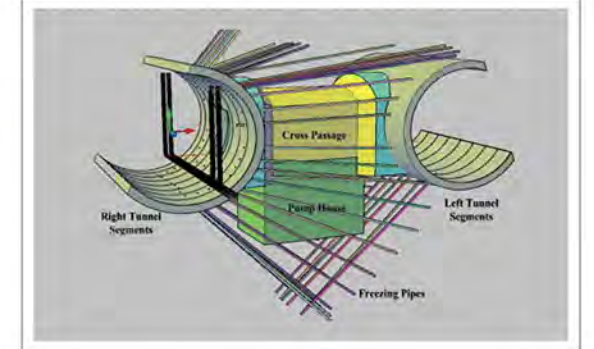
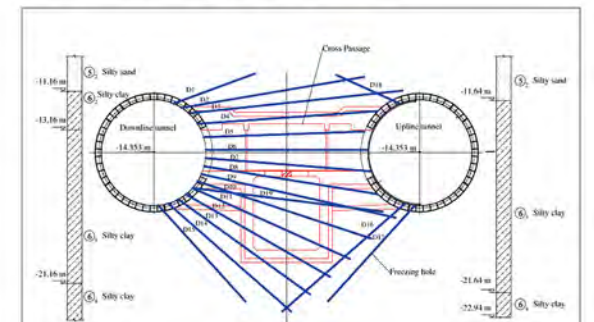
[그림 36] TBM 터널에서의 피난연결통로 시공



● 피난연락갱 시공 잘하는 방법

연약한 지반이나 불안정한 지반 조건에서는 피난연락갱의 안정성을 확보하기 위해 그라우팅이 필요하다. 프리 그라우팅은 굴착 전에 시행하는 그라우팅으로, 굴착 중 발생할 수 있는 지하수 유입을 차단하기 위한 목적으로 주로 지상에서 수행된다. 포스트 그라우팅(Post-grouting)은 터널 굴착 후 시행하는 그라우팅으로, 갱내에서 피난연락갱 주변 지반의 안정성을 확보하기 위한 목적으로 수행된다. 특히 그라우팅을 실시한 후에는 시험 천공을 통해 충분한 차수 성능을 확인한 뒤 피난연락갱을 굴착하도록 해야 한다.

[그림 37] 피난연락갱 시공 전 프리 그라우팅



TBM 터널에서 피난연락갱 굴착으로 인해 주변 지하수 유입 등으로 붕락 사고 및 지반 함몰 사고가 발생하는 사례가 많아짐에 따라, 기존 NATM 굴착의 대안으로 기계식 굴착 기술도 개발되어 적용되고 있다 [그림 38].

[그림 38] 피난연락갱 시공 기술



Cross Passage NATM Construction



Mechanized Cross Passage Technology

■ 제11강을 마치면서

선진 터널공사 관리 시스템에 대한 제언

Advanced Tunnel Construction Management System

지하터널공사에서 리스크는 가장 중요한 관리요소이다

지하 터널 공사는 지반의 불확실성으로 인해 지반 리스크가 존재하게 된다. 다양한 지반 조사 기법을 통해 터널 구간에 대한 지질 및 지반 특성을 분석하고, 그 결과로부터 터널 전 구간에서 예상되는 지반 리스크를 확인하게 된다. 설계 단계에서는 이러한 지반 리스크를 고려하여 터널 지보 패턴과 보강 공법을 설계하게 된다. 그러나 조사·설계 단계에서 지반 리스크를 완벽하게 파악하는 것은 매우 어려우므로, 터널 시공 단계에서 지반 리스크에 대한 대책이 반드시 필요하다. 일반적으로 터널 시공 중에는 막장 관찰을 통해 임반을 평가하고, 그 결과를 바탕으로 적절한 지보 공법 또는 보강 공법을 선정하여 시공함으로써 터널의 안정성을 확보하는 것이 가장 중요한 터널 시공 프로세스라 할 수 있다. 이와 같이 지하 터널 공사의 가장 중요한 관리 요소는 바로 지반 리스크이며, 설계 단계에서는 리스크의 확인과 평가가, 시공 단계에서는 리스크의 체계적인 관리가 이루어져야 한다.

지하터널공사는 리스크 분담 중심의 공사관리로의 전환이 요구된다

국내 지하 터널 공사는 계속되는 부실 공사와 안전사고 문제로 인해 국가적·사회적 이슈가 되어 왔으며, 이러한 문제점을 근본적으로 개선하고 보다 효율적인 공사 시스템으

로 전환하는 것은 터널 기술자들에게 오랜 과제라 할 수 있다. 하지만 발주자에 의한 불합리한 계약 구조, 시공사 중심의 원가 위주의 현장 운영, 건설사업관리자(감리자)의 기술적 한계와 예산 부족, 설계자의 권한 및 책임 부재 등으로 인해 조사·설계, 시공·감리, 감독 등 모든 단계에서 다양한 문제점이 존재하는 것이 국내 터널 공사의 현실이다. 이러한 불합리한 터널 공사 시스템을 근본적으로 개선하기 위해서는 터널 공사 중 발생하는 리스크를 효율적으로 관리할 수 있는 체계적인 시스템을 구축해야 한다. 이를 위해 건설사업관리자와 터널 전문가의 권한과 책임을 강화하고, 설계자의 현장 변경 설계 및 시공 책임을 명확히 하며, 시공자의 리스크 관리 및 안전 관리를 포함한 공사 관리 시스템을 구축하여 공정하고 합리적인 의사결정 체계로의 전환이 필요하다.

지하터널공사는 현장중심의 전문가 책임시스템으로 전환되어야 한다

선진국의 공사 관리는 국제 엔지니어링 계약 시스템에서 발주자, 시공사, 그리고 엔지니어로 구성되어 있으며, 엔지니어는 발주자를 대신하여 단순한 시공 감리 업무를 넘어서 전반적인 프로젝트 관리를 주관하는 건설사업관리자(PMC)로서의 역할을 수행하고 있다. 특히 지하 터널 공사에서는 일정한 경력과 엔지니어링 능력을 갖춘 터널 전문 기술자를 상주시켜, 터널 공사 중 발생하는 리스크에 적극적으로 대처하도록 하고 있다.

또한 영국과 싱가포르와 같은 선진국에서는 설계 단계에서 리스크 관리를 포함한 안전 설계(DfS, Design for Safety) 개념과, 안전사고 방지를 위한 설계(PfD, Prevention through Design)를 도입하여 설계 단계부터 안전 관리를 강조하고 있다. 그리고 설계자, 시공사 및 엔지니어(PMC)는 동등한 계약적 관계에서 각각의 책임과 권한을 가지고, 명확한 공사 관리 프로세스와 통합적인 의사결정을 통해 공사를 수행하고 있다.

지하터널공사는 공정한 협력체계의 관리시스템이 구축되어야 한다

선진 터널공사 관리시스템은 지하 터널 공사를 수행함에 있어, 시공 현장에서 기술자 중심의 합리적인 의사결정이라 할 수 있다. 이는 지반의 불확실성에 적극적으로 대처하여 공사 중 리스크를 최소화하기 위해, 현장에 터널 전문 기술자를 상주시켜 공사관리를 주도하도록 하며, 프로젝트 전 단계에 걸쳐 리스크 관리 시스템을 적용하여 안전 시공이 이루어지도록 한다. 또한 공사와 관련된 모든 자료를 피드백하여 통합 관리함으로써 공사의 안전성과 신뢰성을 높이고자 한다.

본 시스템은 국내 터널 공사의 문제점을 개선하기 위해 도출된 것으로, 실제 터널 공사에 적용하기 위해서는 기존 제도 및 시스템과의 접목을 위한 정책적 개선 작업이 병행되어야 한다. 이는 향후 글로벌 시장 진출과 성장을 위해 국내 건설 제도, 엔지니어링, 그리고 건설 시스템을 글로벌 스탠더드 시스템으로 전환하는 과정이며, 글로벌 엔지니어로서 공정한 권한과 책임을 갖는 시스템을 구축하는 작업이라 할 수 있다.

지하터널공사 안전성 제고를 위한 제언

터널 공사는 다른 구조물과 비교하여 지반공학적 불확실성(Uncertainty)으로 인해 많은 어려움을 겪는 것이 사실이다.

이는 터널 낙반 사고와 같은 대형 사고를 수반하기도 하고, 공사의 어려움으로 인한 부실시공의 형태로 나타나기도 한다. 실제 터널 현장에서 조사자, 설계자, 시공자가 느끼고 고민하는 문제는 상상 이상이며 매우 열악한 것이 작금의 현실이다. 또한 이러한 문제점을 직시하고 이를 개선하기 위한 노력은 모든 터널 기술자의 바람일 것이다.

그렇다면 이러한 문제점을 개선하는 방법은 무엇이 있을까? 이를 구체적으로 살펴보기 위한 첫 번째 과정이 바로 다른 나라, 특히 선진국에서는 터널 공사를 어떻게 관리하는지를 살펴보는 것이다. 지난 몇 년간 한국이 아닌 다른 나라에서 근무하면서 완전히 다른 시스템으로 관리되고 운영되는 모습에 놀랐고, 과연 이러한 시스템이 국내에 적용될 수 있을지 회의적이기도 하였다. 물론 그곳에서도 터널 사고가 발생하고 기술적 문제점이 없는 것은 아니지만, 그들이 가진 기술적 장점이 분명히 있으며, 우리가 반드시 배워야 한다는 것이다.

해외의 선진적인 터널 공사 건설 시스템을 이해하기 위해서는 먼저 국제 계약 시스템을 이해해야 하는데, 이를 기본으로 한 공사 관리 시스템을 파악해야 한다. 이것이 건설 공사 시스템의 기본 프레임이며, 해외 건설문화에 대한 종합적인 사고의 틀 속에서 가능한 것이기도 하다. 다시 말하면, 커다란 건설 시스템의 한 축으로서 터널과 같은 지하 공사에 대한 특징적인 관리가 요구되며, 바로 이 지점에서 지반 불확실성에 의한 지반 리스크 분석과 평가, 리스크에 대한 공사 당사자 간의 분담(Sharing), 그리고 리스크에 대한 관리 책임 등을 명확히 해야 한다는 것이다.

이러한 관점에서 터널 공사 건설 시스템의 중심적 핵심 사항과 기본적인 틀은 다양한 분석과 검토를 통해 충분히 도출되었다고 판단된다. 많은 터널 기술자들의 현장에서의 니즈(Need)와 고객의 목소리(VOC)를 바탕으로 보다 현실적인 방안들이 만들어져야 함은 물론이다. 또한 이러한 방안들이 정책과 제도에 반영될 수 있도록 터널 기술자들이 학회를 중심으로 꾸준히 노력해야 할 것이다. 

그 · 날 · 의 · 도 · 로

간척의 역사 위에 놓인 도로, 천수만으로 이야기



충청남도에 위치한 천수만로는 단순히 충남 보령과 서산을 가로지르는 도로가 아니다.

이 도로는 서해안 시대를 열었던 역사적 현장이다.

1980년대 말부터 1990년대 초, 대규모 간척사업으로 탄생한 천수만 방조제를 따라 조성된 이 도로는
본래 바다였던 곳을 육지로 바꾼 인류의 노력과 기술력을 고스란히 담고 있다.

천수만 간척사업은 단지 농경지를 넓히기 위한 목적을 넘어 지역의 발전과 삶의 질 향상을 가져온 국가적 프로젝트였다. 특히 보령 천수만로는 지역 교통망을 연결하며 보령과 서산, 홍성 등 충남 서해안권의 교통과 물류를 획기적으로 개선하였다.

과거 이곳은 배를 타고 바다를 건너야 했던 험난한 환경이었다. 그러나 방조제 완공 이후 보령 천수만로가 놓이면서, 주민들의 삶은 크게 달라졌다. 어촌 마을에서 농업과 산업 중심지로 탈바꿈했고, 바닷바람과 갯벌 대신 농작물과 경제 활기가 넘치는 공간으로 변모했다.

오늘날 보령 천수만로를 따라 달리면 끝없이 펼쳐진 들녘과 바다를 동시에 감상할 수 있다. 과거의 바다 위를 달리는 이 특별한 도로는 여전히 충남 서해안 발전의 상징이자 주민들에게 희망과 번영을 가져다준 역사의 길로 기억되고 있다.



바다가 길이 되는 혁신,

충남 발전의 중심이 되다

충청남도 보령과 서산을 잇는 천수만로(국도 제77호선)는 오늘날 아름다운 서해안 드라이브 코스이자 드넓은 간척 농지를 가로지르는 시원한 길이다. 이 도로는 단순히 경치 좋은 길이 아니라, 우리 국토의 지형을 바꾸고 지역의 삶을 혁신한 위대한 도전의 역사를 품고 있다.

천수만은 과거 드넓은 갯벌과 어업이 활발했던 풍요로운 어장이었다. 주민들은 갯벌에서 해산물을 채취하며 삶을 이어갔다. 하지만 1980년대, 현대건설은 총 길이 7.7km에 달하는 대규모 방조제를 건설하는 천수만 간척사업을 시작했다. 이는 바다를 막아 육지를 만들고 그 위에 도로를 놓는 대규모 토목 공사였다. 현대그룹 정주영 회장은 거친 파도와 난관 속에서도 유조선 '왕자호'를 침몰시켜 물막이 공사를 지시하는 등 수많은 노력 끝에 방조제가 완공되었다.

이러한 노력으로 탄생한 천수만로는 충남 서해안 지역의 교통 흐름을 획기적으로 개선했다. 방조제 안쪽에 조성된 대규모 간척 농지에 물류를 공급하는 생명줄이 되었고, 주민들의 이동과 생활 편의를 크게 향상시켰다. 또한, 천수만 간월호가 철새 도래지로 유명해지면서, 천수만로는 단순한 이동로를 넘어 생태 관광의 중요 거점으로 자리매김했다. 도로를 따라 펼쳐지는 풍경은 수많은 방문객들에게 자연의 아름다움을 선사한다. 🇰🇷

출처 및 참고자료:
©현대건설(주), ©한국관광공사,
©보령시청, ©홍성군청

부산의 관문 수탈과 희망으로 기억하는 영도대교

이영천 | 작가



일제강점기에 발달한 도시들이 그렇듯, 부산도 전통적 통치 기반인 동래와 왜인거류지인 초량이 각기 차별과 수탈을 바탕으로 도시화하였다. 이는 교통시설의 도입 및 발달과 그 궤를 같이했다. 초량 왜인거류지가 개항 이후부터 본격적으로 조성되었고, 1905년 경부선 개통을 전후해 매립으로 본격적인 항만 구축이 이뤄졌다. 이는 대륙 침략을 위한 전초기지 관문으로써 부산의 역할과 위상을 높이려는 일제의 전략이었다. 이에 따라 철도역은 물론 신작로, 항만 배후시설 등이 자연스럽게 초량동 중앙로와 남·북항 인근에 집중하는 현상이 빚어졌다. 이에 경제력과 자본이 이 지역을 중심으로 재편된다. 자연스럽게 초량 일대 왜인거류지 주변으로 각종 행정관서도 집중되었다.

반면, 피식민지 민중의 생활권역은 왜인거류지 외곽 열악한 곳에 기생적으로 정착, 슬럼화하며 급속히 확산한다. 생활권이 극명하게 나뉘지며, 도시 기능과 토지 이용의 괴리가 태동하기 시작한다. 영도대교(영도다리, 개통 당시에는 부산대교)가 착공되기 전인 1929년 부산 인구 11.5만 중 조선인 7.1만, 준공 후인 1936년 20.2만 중 조선인 14.4만이라는 인구 증가 추이로 이를 간접 유추할 수 있다. 영도라는 섬도 예외는 아니었다. 이 시기 산업생산 또한 왜인들이 전적으로 장악하고 있어, 피식민지 일반 민중의 삶은 이들에게 철저히 예·종속될 수밖에 없는 필연적인 구조였다.

수산자원 수탈기지가 되는

절영도

신라 때부터 이 섬엔 나라의 말 목장이 있어 목도(牧島)라 불렸다. 여기에서 기르는 말은 모두 명마로 달리는 속도가 '그림자가 잘릴(絶影) 만큼' 빠르다 해서 절영도가 되었다. 임진왜란이 끝난 뒤 6년간 임시로 왜관이 설치되기도 한다.

구한말인 1881년 이곳에 절영도첨사영이 설치되어 15년간 존속한다. 부산 개항(1876) 이후 일본이 절영도 삼림자원을 요구한다. 조선 정부는 섬에 있던 말 목장을 현 암남동으로 옮기고 주변 3개 진을 통합, 절영도진을 세워 이 요구를 거절한다. 아관파천 직후에는 러시아가 조차를 요구한다. 부동항 건설 및 일본 견제용 해군기지 건설 목적이었다. 이 요구는 친일 개화파가 주도한 만민공동회가 서울 종로 집회를 통해 무산시킨다. 영도 부근은 그야말로 황금어장이었다. 부산항 개항으로 일본 어선이 몰려든다. 이들은 영도를 어업 전진기지로 삼아, 동해와 남해안 물고기의 씨를 말릴 기세로 달려든다. 1880년대 '한일통어장정'과 '한일어선규칙'은 더욱 드세게 이 지역 어장을 공격할 빌미가 된다. 이런 이유로 영도에 자연스럽게 조선업이 성행한다. 소규모 조선소가 일본인 주도로 하나둘 생겨나자, 유곽이나 음식점도 들어선다. 1905년 이후 '이주어촌'이 건설되자 인구는 2배 이상으로 급격히 늘어난다. 일본 어업인들은 영도를 그들의 정박 기지로 구축해 나간다. 이들이 영도 인근은 물론 남해안과 제주도 일대 수산자원을 고갈시킨 주범이다. 수산자원이 고갈되자 남해를 삶의 터전으로 삼았던 제주 해녀와 전라도 어부가 거꾸로 영도로 몰려드는 역설이 빚어지기도 한다. 1945년 해방 후 '절'을 빼고 섬은 '영도'가 된다.



▲ 절영도라 불렸던 영도의 옛 모습. ©영도구청

효율적 수탈을 위한

도시 재구조화

1914년 행정구역이 개편되어 영도가 부산부에 편입된다. 초량과 중앙동을 중심으로 부산시가지가 급속히 확장하던 때다. 이와 인접한 영도는 매립을 통해 급속한 변화를 겪는다. 1916년부터 1926년까지 지금의 남항동, 대평동 일대가 매립된다. 일명 ‘대평도’ 매립이다. 근대적인 ‘다나카 조선소’가 이때 들어선다. 텅 달아 관련 수리소 등 연관 산업이 속속 생겨난다. 매립은 섬 곳곳에서 이어진다. 제법 규모 있는 근대 어업항구가 개설된다. 이제 영도는 수만 명이 모여 사는 ‘섬의 도시’로 변모해 간다. 1920년대 말 부산은, 크게 부산부와 영도 두 개의 도시 클러스터를 형성하며 확장해 나간다. 이에 두 클러스터를 이어줘야 할 명분이 차곡차곡 쌓여간다.

1928년 ‘부산부 전도’는 남항과 북항을 중심으로 시가지가 형성되고 있음을 보여준다. 이들 항구는 영도를 천혜의 방파제 삼아 항만 기능을 수행하는 곳으로 변모한다. 일제는 이 지역을 중심으로 일본인 집단 거류지를 형성시킨다. 도심에는 트램 전차선로가 온천장에서 남쪽으로 연장되어가는 추세다. 일제는 1930년대 들어 만주를 비롯한 대륙 침략 야욕을 전면에 드러내기 시작한다. 이를 위해 남북을 잇는 넓은 가로를 구상한다. 현 중앙로를 대교통(大橋通)이라 불렀다.

▼ 영도대교 쪽에서 자갈치와 남항을 바라본 모습. ©부산시청



수탈의 상징으로 세워진

연륙교

이를 통해 대륙으로 신속한 물자 수송은 물론, 유사시 전쟁터로 향하는 대규모 군대의 숙영이 가능케 하려는 목적이었다.

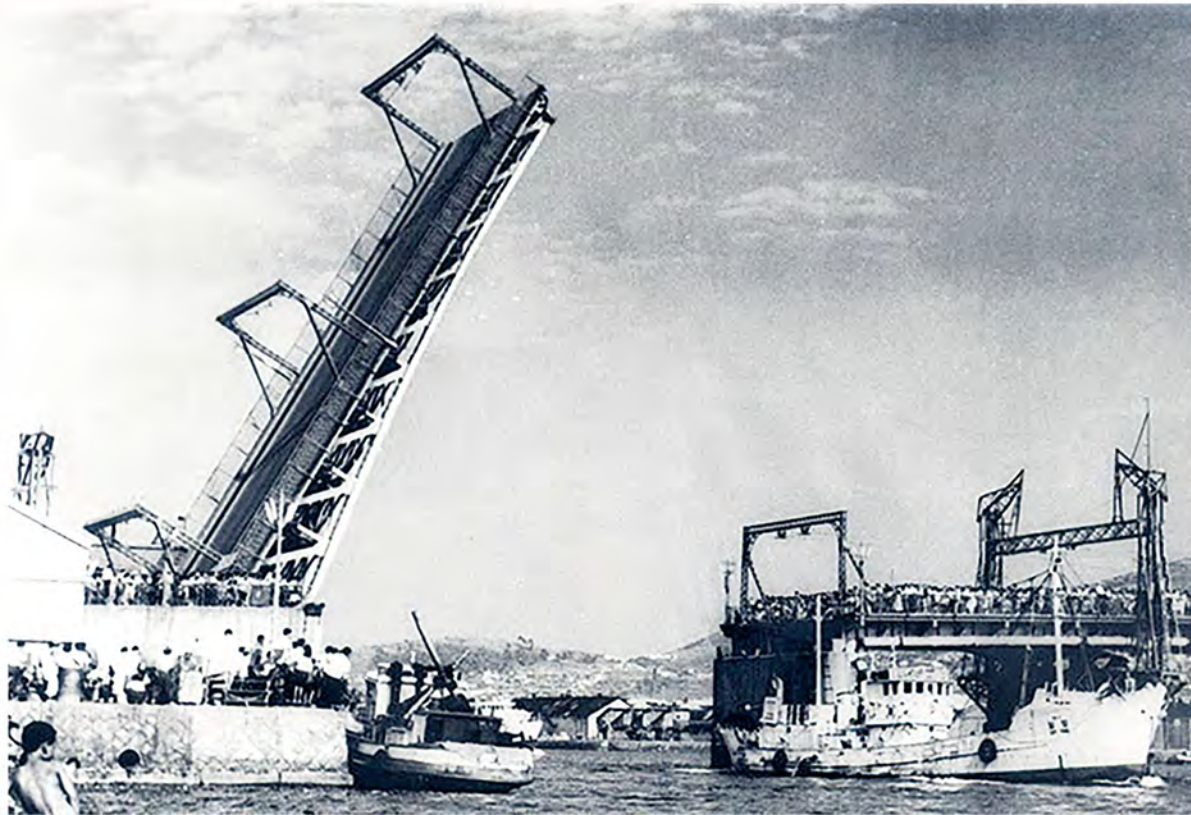
1926년 영도 인구가 2만을 넘어선다. 육지와 통하는 길은 뱃길이 유일하다. 섬과 육지를 잇는 도선업이 무척 번성한다. 하루 이용객은 평균 1만 명을 상회한다. 뱃삐는 왕복 5전이다. 부산부 직영체제였으나, 요금에 대한 영도 주민들 불만이 팽배했다. 도선 혼잡도가 어떠했을지 짐작하고도 남음이 있다.

당시 영도에 넓은 땅을 소유한 하자마 후사타로라는 일본인이 있었다. 부산의 경제 및 정치에 깊숙이 관여한 권세 있는 자다. 무역을 통해 한반도 곳곳에 거대한 토지를 소유한 원조 투기꾼으로 부산부 의원도 여러 차례 역임했다. 미루어 추정컨대, 중앙동과 초량 등지에 큰길을 낼 때 그의 넓은 땅이 포함되었던 모양이다. 도로변 땅값이 급등한 건 물론, 수용된 땅에 대한 반대급부를 요구했을 개연성도 높다. 혹여 부산과 영도를 잇는 다리를 놓아야 한다고 주장하지 않았을까? 나중 영도대교가 개통되어 다리가 들어 올려질 때마다 이를 구경하던 사람들이 “하자마 땅값 올라간다”고 비아냥거린 이유가 무엇일까? 혹시 이자가 이 땅에 ‘부동산 투기’라는 말초적 욕망을 심어 놓은 최초의 투기꾼 아니었을까?

1926년 다리 놓을 준비를 한다. 동경대 교수를 초빙해 타당성 조사를 시행한다. 이를 통해 대규모 교량을 구상한다. 이듬해 일제는 몇 개 대안을 마련한다. 최종적으로 해상교량인 연륙교를 채택한다. 그러자 반대 여론이 들끓는다. 특히 해운업자들 반발이 심하다. 도선 폐지는 물론 다리가 놓이면 남항과 북항을 오가는 해로가 영도 아래로 빙 돌아야 하기 때문이다.

해저터널은 물론 대형 페리로 건너는 방안까지 거론된다. 이때 야마모토 우타로라는 기술자가 출현한다. 가동교 특허 보유자로 미국에서 공부한 토목공학자다. 그가 제시한 도개교 구상과 설계에 많은 이들이 의구심을 품는다. 이에 그는 부(府) 의원들 설득에 많은 공을 들인다. 모형은 만들어 의원들 앞에서 시현하기까지 한다. 이런 노력으로 최종적으로 도개교(안)이 선정된다.

1932년 4월에 착공한다. 빈민구제를 명분으로 내세운다. 일당 55전이다. 당시 쌀 한 되가 15전이니, 일당으로 한 가족 연명도 버겁다. 임금이 너무 낮아 나중엔 노동자 구하기도 수월치 않게 된다. 그만큼 저임금이었고, 식민지 노동자 착취였다. 부산과 영도 해협 거리가 600여 미터로 많은 공사비 소요가 예상되자, 양쪽에서 매립이 이어진다. 용미산을 허물어 부산 쪽 해안을 매립하고, 봉래산



▲ 일제강점기 당시 다리를 들어 올린 영도대교. ©영도구청

자락을 꺾아 영도가 매립된다. 매립 길이만 400여 미터다. 이 과정에서 산사태로 많은 수의 노동자가 목숨을 잃기도 한다. 용미산을 깎아낸 자리엔 부산부청사가 들어선다. 다리는 2년 반 후인 1934년 11월 23일에 개통된다. 일제는 이를 동양 최대, 일본공학과 과학기술의 쾌거라며 대대적으로 선전하고 자랑한다. 1936년 부산관광협회가 발행한 선전 자료를 보자.

「대교통을 지나 중앙도매시장으로 간다. 이 도로는 1932년부터 1934년까지 3백6십만 원을 들여 실시한 소위 간선 도로공사의 일부로 전면의 마키노시마(牧島, 영도)를 잇는 도진교(渡津橋)로 통하는 큰 도로이다....(중략)...부산 명물 아니 조선 명물인 부산대교이다. 70만 4천8백 원의 거액을 투입한 도진교로 전장 214.63미터, 폭 18미터로 아래로는 50톤 이하의 기선 밖에 다리 밑을 통과할 수 없기 때문에 남쪽의 한 횡목 31.30미터를 도상교(跳上橋)로 하여 매일 아침 6시부터 저녁 7시까지 7회, 1회당 15분간 공중으로 들어 올린다. 이렇게 하여 1천 톤 기선이 항행할 수 있게 되었다.」

1935년 2월에 영도를 잇는 전차선로가 다리 위에 놓여 영도까지 전차선이 이어진다.

희망으로 부르는 굳세어라 금순아!

해방과 분단은 우리 민족의 뼈아픈 상처다. 여기에 한국전쟁은 비극이다. 전쟁은 수많은 희생과 동시에 이산의 아픔을 가져온다. 부산은 그나마 전쟁의 화를 피해갔다. 피난 온 사람들이 부산의 가파른 산자락과 다리 주변에 덕지덕지 가건물을 짓고 터전으로 삼는다. 다리 주변에도 1천여 난민촌이 형성된다. 삶의 끝자락에 다다른 사람들이 다리에서 몸을 던지기도 한다.

영도대교는 상판을 들어 올려 선박을 항행시키는 광경으로 전국적인 명물이 되었다. 전쟁으로 헤어진 가족들은 “살아서 꼭 영도다리에서 만나자”는 약속을 한다. 실향과 이산의 아픔을 겪은 수많은 이들이 희망과 기대를 안고 영도다리를 찾지만 쉬 만날 순 없다. 이들은 아픔과 희망을 점쟁이에게 묻고 의지한다. 다리 주변에 한때 80여 곳의 점집이 성황을 이룬 이유다.

다리는 1966년을 끝으로 도개 기능을 멈춘다. 2000년대 들어 철거와 보존을 놓고, 부산 여론이 둘로 갈린다. 생각의 차이가 첨예한 대립으로 이어진다. 철거와 보존의 논쟁은 경제적 가치와 문화적 가치의 대립임은 물론 수탈의 상징으로, 식민지에 대한 기억과 동족상잔의 비극을 기억하고자 하는 아픔의 대립이기도 했다. 결국 영도다리는 과거 부산 부청 부지를 사들인 한 기업의 기부채납으로 2013년 6차선으로 확장된 도개교로 복원(?)하기에 이른다. 🇰🇷



▲ 한때 점집이 성행했던, 자갈치 부근 유리리 광장과 영도대교. ©부산시청



▲ 재개통 후 다리를 들어 올린 영도대교. ©영도구청

길의 역사 27편

미군정의 도로(7)

6·25 전쟁 전후, 대한민국 도로산업의 초석을 다지다

격동의 시기였던 6·25 전쟁 전후, 우리나라 도로가 겪었던 시련과 이를 극복하며 오늘날 도로 발전의 기틀을 마련했던 과정을 되짚어 보자. 폐허 속에서도 미래를 향한 길을 닦았던 선조들의 땀과 노력이 있었기에 오늘날의 편리한 도로망이 존재할 수 있었다.

새 정부의 의욕적인 출발, 그러나 암운이 드리우다

1948년 대한민국 정부 수립과 함께, 새 정부는 경제 부흥을 최우선 과제로 삼았다. 특히, 도로는 미국의 경제원조협정(ECA) 자금을 활용하여 전국 주요 도로의 교량 건설 사업을 1950년부터 본격적으로 전개할 계획이었다. 서울지방 건설국 관내에서는 충주 달천교, 조치원 금강교 등이, 부산지방건설국 관내에서는 밀양 수산교, 고령 고령교 등이 조사·설계되었으며, 일부는 착공 준비까지 마친 상태였다. 이러한 교량들은 일제강점기에는 기술 및 예산상의 문제로 계획조차 하지 못했던 것들로, 광복 후 불과 4년여 만에 국내 기술진의 손으로 설계되고 시공을 준비했다는 점에서 매우 고무적인 일이었다. 그러나 정부 수립 불과 1년 10개월 만인 1950년 6월 25일, 전쟁이 발발하였다.

전쟁의 포화 속, 도로는 생명선이자 공격 목표

전쟁 초기, 우리나라의 도로는 대부분 포장되지 않은 자갈길이었기 때문에 군대의 작전 수행에 큰 어려움을 초래했다. 그래서 우리 국군은 내무부 건설국과 주민들의 협조를 얻고 미국 공병단과 육군을 동원하여 주 보급로였던 4대 간선도로 1,309km를 확장하고 개수하는 대대적인 공사를 단행했다. 이 공사는 1951년 7월부터 12월까지 불과 반년 만에 완공된 기록적인 사업이었다. 그러나 도로는 군수물자 보급의 핵심 통로였기에 적군의 주요 공격 목표가 되었고, 전쟁 중 한강 인도교, 광진교, 낙동강의 왜관교 등 주요 하천의 장대교량 대부분이 파괴되는 아픔을 겪었다.



▲ 당시 촬영된 항공사진. 한강철교(좌측)와 이미 파괴된 인도교(우측)

절망을 딛고 일어난 재건의 노력

휴전 후 정부는 즉각적인 전후 복구에 착수했다. 미국의 국제협조처(ICA)와 유엔한국재건단(UNKRA) 등의 원조는 도로와 교량 복구에 결정적인 역할을 했다. 1954년부터 1962년까지 도로 및 교량 부문에 지원된 무상원조액은 1,507만여 달러에 달했으며, 이를 통해 강재, 시멘트, 철근 등 복구 자재를 확보할 수 있었다. 특히 1957년부터는 복구 사업과 병행하여 서울~부산 간 국도 포장 공사가 시작되었고, 서울~인천, 부산~마산 간 도로 확장 공사도 진행되었다. 또한, 탄광 개발을 촉진하기 위한 산업도로망 건설도 연차적으로 시행되어 국가 경제 재건의 발판을 마련했다.



▲ 6·25 전쟁 당시 파괴된 남대문 주변 도로도 포장 상태가 미비하였음을 보여준다

기술 발전의 씨앗을 뿌리다

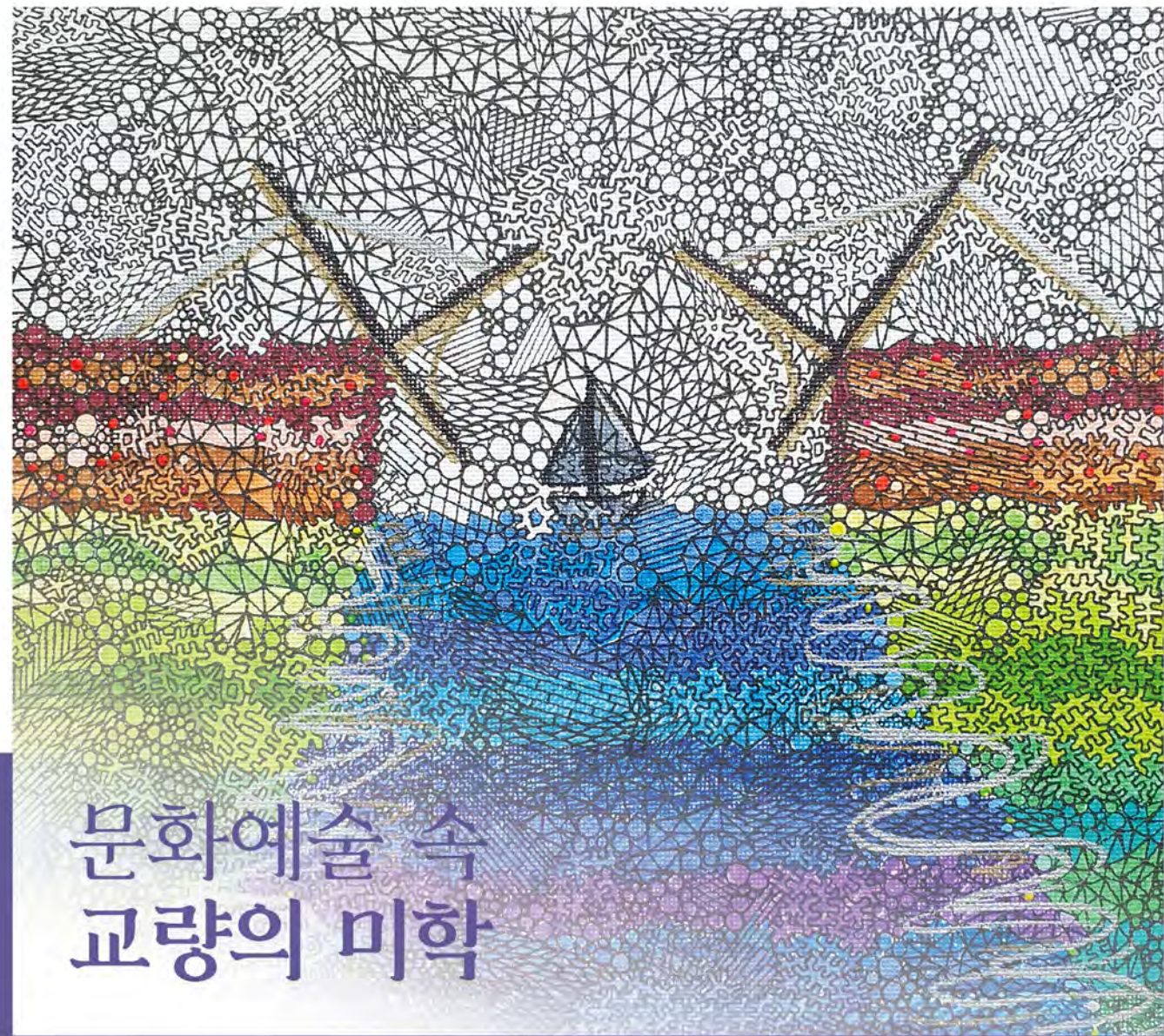
전쟁 복구 과정에서 현대적인 기계화 시공과 선진 기술 도입이 절실했다. 이에 정부는 1954년부터 미국 원조자금의 일부를 활용하여 기술자 양성에 나섰고, 미국과 서독 등지에 기술 인력을 파견하여 선진 기술을 습득하도록 했다. 이들이 귀국하여 국내 도로 건설 기술 혁신에 선도적인 역할을 수행하며 교량의 PS빔, 콘크리트 박스거더 설계법을 보급하고, 우리나라 실정에 맞는 새로운 포장 공법을 도입하여 공사비 절감과 시공 관리 용이성을 높이는 데 크게 기여했다. 1958년부터는 토목시험기기를 도입하여 품질관리의 중요성에 대한 인식을 새롭게 하고, 토목 시험제도도 도입하는 등 현대적인 도로 건설의 기반을 다졌다.

오늘날 도로 발전의 시금석

6·25 전쟁은 우리 국토에 깊은 상처를 남겼지만, 역설적으로 도로의 중요성을 절감하고 전후 복구 과정에서 도로망 확충과 기술 발전의 계기를 마련한 시기이기도 했다. 휴전 당시 도로 총연장은 전쟁 초기보다 증가했는데, 이는 군사적 필요에 의해 증설된 부분이 있었기 때문이다. 전쟁의 폐허 위에서 도로를 복구하고 새로운 길을 열었던 과정은 단순한 건설의 역사를 넘어, 어려움을 극복하고 미래를 개척해 온 우리 민족의 저력을 보여주는 증거이다. 부족한 자재와 경험, 열악한 환경 속에서도 헌신적인 노력을 아끼지 않았던 당시 도로인들의 노고는 오늘날 대한민국 도로 발전의 굳건한 시금석이 되었음을 기억해야 한다. 🇰🇷

참고자료

도로백서(2003), 국토교통부 홈페이지, 도로업무편람(2025)



문화예술 속 교량의 미학

문학(시, 수필, 소설) · 미술(회화, 조소, 공예, 영상) · 공연(연극, 영화, 음악, 무용, 축제)
작품 속 교량의 미학적 가치를 찾아서

문화예술(文化藝術)은 문화와 예술을 융합한 복합어이다. 문화라고만 하기에는 범위가 너무 넓고, 예술이라고 하기에는 너무 좁기에 문화와 예술을 융합하여 예술 활동이 있는 문화를 나타내는 것이다. 문화예술은 문학, 영상, 공연, 전통, 음악 등 예술 및 문화 활동 모두를 포함한다.

[출처: 위키백과]



문지영 | 작가

외고, 예술학박사, 조경학석사, 공학박사
(sieyoungmoon@gmail.com)

저자 문지영은 글 쓰는 작가이자 그림을 그리는 화가로 활동 중이다. 대표 저술서로는 ■내려놓기(2022년, 교보eBook 전자책) ■상상 그 이상, 조선시대 교량의 비밀(2012년 초판, 2022년 초판3쇄, 2013년 문화체육관광부 우수학술도서 선정) ■미학적으로 교량보기(2014년 초판, 2015년 대한민국학술원 우수학술도서 자연과학부문 선정, 2014년 대한토목학회 저술상 수상) ■자연과 문명의 조화, 토목공학(2015년 초판 공저, 2018년 개정판 공저, 초판3쇄+2판3쇄, 2016년 대한민국학술원 우수학술도서 자연과학부문 선정) ■숫자로 보는 대한토목학회 70년(토목 70년(1951-2021), 그리고...)(2021년 공저, e-book+paper book) ■내가 사랑한 디노베이터 Design Innovator I loved(2020년 공저) ■서울대학교 토목공학의 100년 돌아보기(2016년 공저) ■생각을 말해보(2015년 공저) ■현대 경관을 보는 열두 가지 시선(2006년 공저) 등이 있으며, ■토목기술사의 비밀노트(2024년, 2024년 대한토목학회 저술상 수상), ■토목, 인생, 무엇이 궁금해?(2023년 초판, 2023년 대한토목학회 저술상 수상), ■다리 구조 교과서(2017년)는 감수를 했다. 유튜브 <나답게: 토목과 디자인 그리고 조경의 경계를 넘나드는 삶(2022년)> 영상에 보다 자세한 저자 소개를 담았다. ❶2023년 봄호부터 시작한 본 도로교통저널 <문화예술 속 교량의 미학> 연재에 이어, ❷2024년 3월부터 대한토목학회 학회지에 <문화예술 속 토목구조물의 미학>을 매달 기고하고 있다. ❸2024년 6월부터는 한국터널지하공간학회 학회지에 <문화예술 산책> 제목으로 연재하고 있다.



제10편 도개교

2025년 여름호



〈그림1〉 《아를의 랑글루아 다리와 빨래하는 여인들(The Langlois Bridge at Arles with Women Washing)》,
빈센트 반 고흐(Vincent van Gogh), 1888년, 65.0×54.0cm

빈센트 반 고흐(Vincent van Gogh, 1853~1890년)는 풍경(風景)이 아름다운 고장, 프랑스의 아를(Arles)¹⁾에 머무는 동안 '랑글루아 다리(Langlois Bridge)'와 빨래하는 여인들을 여러 번 그렸다. 랑글루아 다리는 아를 도심 남쪽의 평야 지대를 가로지르는 운하(運河) 위에 놓였다. 다리의 주재료(主材料)는 나무(목재; 木材)로 비교적 소규모(小規模; 작은 크기)의 '도개교(跳開橋)'로 보인다. 다리 위로는 말이 이끄는 마차 한 대가 한가로이 지나가고 있고, 여인들은 물가에 웅기종기 모여 빨래하는 평화로운 농촌 모습이 담겼다(그림1).

1) 고흐는 아를(Arles)에 약 1년간 머물렀으며 200여 점의 작품을 남겼다. '해바라기', '별이 빛나는 밤에', '밤의 카페 테라스' 등 우리가 알고 있는 고흐의 대표작들은 대부분 이곳에서 탄생했다.



〈그림2〉

도개교(跳開橋, Bascule Bridge)는 다리 아래로 배(선박; 바지선·유람선 포함)가 지나갈 때, 다리의 교면(橋面)이 한쪽 또는 양쪽으로 움직여(들어 올려져서) 선박 통행이 가능하게 만든 다리이다. 보통 강이나 운하(運河; Canal, 인공적으로 만든 수로) 위에 놓인다.

프랑스에서 유래된 단어인 'Bascule'은 '시소' 혹은 '균형추'를 의미하는데, 도개교는 물리적(物理的)으로 '지레'와 '균형'의 원리를 활용한다. 도개교의 움직이는 상판이 한쪽인가 양쪽인가에 따라, 일엽(一葉, 단엽; 單葉식(式) 혹은 이엽(二葉, 쌍엽; 雙葉식(式) 교량으로 구분되며, 상판의 한쪽이 올라갔다가 원래의 자리로 내려오는 원리이다. 고정된 위치의 상판에는 힌지(Hinge, 회전축; Pivot Point)와 같은 구조물을 두고 반대편만 서서히 들어 올려졌다가 다시 내려간다. 도개교는 움직이는 다리(Movable Bridge) 가운데 하나이다. 가동교(可動橋), 개폐교(開閉橋), Drawbridge, Lift Bridge 등 여러 이름으로 사용 중인 '움직이는 다리(Movable Bridge)'에는 도개교(跳開橋)를 포함하여, 승개교(昇開橋), 선회교(旋回橋), 접식교(摺式橋), 전접교(Curling bridge), 탁자교(卓子橋), 수납교(收納橋), 전개교(轉開橋), 잠수교(潛水橋), 운반교(運搬橋), 비경교(非傾橋) 등 다양한 형식이 존재한다.



〈그림3〉



〈그림4〉

〈그림2〉 랑글루아 다리(The Langlois Bridge) 현장사진
(출처: <https://www.vincentvangogh.org>)

〈그림3〉 《르 폰 레방, 하를렘(하를렘 리프트 브리지; Haarlem Lift Bridge)》, 베르나르 뷔페(Bernard Buffet), 1985년, 97.3×130.5cm, oil on canvas

〈그림4〉 《도개교》(부분, 2025년, 캔버스에 플라스펜+싸인펜+색연필(©문지영 작품)



〈그림5〉《움직이는 다리의 다양한 구조도(構造圖)》, 2025년, 22.0×22.0cm, 색연필화(©문지영 작품)

형식별로 간단하게 설명하면 아래와 같다.

'Drawbridge'는 성곽(城郭) 해자(壕字) 위 다리에 쓰이는 명칭이다.

- 도개교(跳開橋)** : 다리가 한쪽 또는 양쪽으로 들어 올려져서 선박의 통행이 가능하게 만든 다리
- 승개교(昇開橋)** : 배가 지나갈 때, 다리 상판이 설치된 타워(기둥)를 타고 위아래로 오르내리는 다리
- 선회교(旋回橋)** : 상판이 기둥에 설치된 피벗(Pivot) 구조물을 중심으로 회전하는 다리
- 접식교(摺式橋)** : 다리가 여러 마디로 나뉘어 있어 배가 지나갈 때, 한쪽으로 접히는 형식의 다리
- 전접교(Curling bridge)** : 다리가 여러 마디로 나뉘어, 배가 지나갈 때 한쪽으로 말리는 형식의 다리
- 탁자교(卓子橋)** : 승개교와 유사하나, 교각 안에 있는 기둥에 의해 상판이 오르내리는 다리
- 수납교(收納橋)** : 배가 지날 때 한쪽으로 상판을 수납하는 형식의 다리
- 전개교(轉開橋)** : 도개교와 유사하나, 가동부(moving part)에 축 대신 랙(Rack)²⁾과 피니언(Pinion)을 사용하는 다리
- 잠수교(潛水橋)** : 배가 지날 때 상판이 수면 아래로 가서 배가 지나갈 공간을 확보하는 다리
- 운반교(運搬橋)** : 케이블카 같은 구조로 차량 등을 실어 옮기는 다리
- 비경교(非傾橋)** : 주탑과 상판이 일체형으로 각도를 다르게 하면서 서서히 기울어지는 다리

2) 랙(Rack)은 톱니가 한쪽으로 잘린 평평한 막대이며 피니언(Pinion)은 랙의 톱니와 맞물리는 작은 기어이다.



〈그림6〉



〈그림7〉

〈그림6〉《타워 브릿지, 런던(Tower Bridge, London)》, 베르나르 뷔페(Bernard Buffet), 1963년, 62.0×91.0cm, 석판화(Offset lithograph on paper)+질은 붉은색으로 덧칠하여 강조

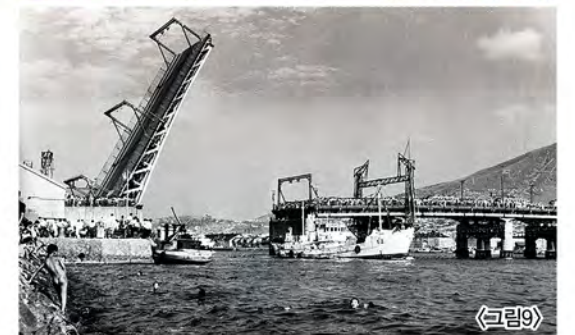
〈그림7〉《타워 브릿지, 런던(Tower Bridge, London)》, 베르나르 뷔페(Bernard Buffet), 1972년, 54.0×65.0cm, oil on canvas

베르나르 뷔페(Bernard Buffet, 1928~1999년)의 '타워 브릿지, 런던(Tower Bridge, London)' 작품 속 도개교를 감상해 보자(그림6~8). 곧게 서 있는 두 개의 타워가 있다. 이를 이어주는 상부 가로보 아래로 교량의 상판이 열렸다. 이 업식 도개교 형식이다. 열린 공간 사이로 큰 배가 통과하고 있다. 그림으로 그려낸 순간에서도 느껴지는 생동감은 현재진행형으로 다가온다. 지역의 볼거리 제공은 당연하거니와 런던을 대표하는 상징구조물로도 손색이 없을 이벤트(교량의 개폐)가 가득한 교량이다.

부산광역시 중구 중앙동에서 영도구 대평동을 연결하는 도개교인 영도다리(=영도대교)를 아는가? 영도다리는 1934년 11월 23일에 길이 약 214.63m, 너비 약 18m로 준공되었다. 개통 당시 국내 그리고 동양 최초의 유일한 단업식 도개교였다. 부산의 근대화를 표상하는 아이콘으로 자리매김하기도 했고, 일제 식민 통치하의 아픔과 한국전쟁의 한을 담은 장소로도 유명하다. 본 교량은 1966년 9월 영도구의 인구 증가에 따른 교통량의 증가로 도개(道開)를 중단하고 전차 궤도(rail)를 철거했다. 도개 부분이 고정되기 전까지 영도대교는 하루에 6번씩 하늘로 상판이 들리며 배가 지나갔다. 사진(그림9)은 영도대교가 마지막으로 상판을 들어 올리던 1966년 9월 그날의 모습이다.



〈그림8〉



〈그림9〉

〈그림8〉《타워 브릿지(Tower Bridge)》, 베르나르 뷔페(Bernard Buffet), 1995년, 82.0×131.0cm, 석판화(Offset lithograph on paper)+질은 붉은색으로 덧칠하여 강조

〈그림9〉 영도다리(=영도대교) (before), 1966년 (출처: 부산광역시)

기존의 다리가 노후화되면서 안정성이 문제가 되어 2013년 11월 27일 기존 4차선을 6차선으로 증축하고, 다시 도개식(道開式) 교량으로 복원 및 개통을 했다. 옛날 형태를 그대로 재현한 게 아닌, 미래 사용자의 요구를 반영한 재건이며, 현대적으로 재해석하여 지역의 명물로 재탄생시켰다. 개통 당시 영도다리의 정식 명칭은 '부산대교'였다. 지금의 부산대교가 생겨나면서 '영도대교'로 명칭이 바뀌었고, 오늘날에는 영도다리보다는 '영도대교'로 통용되고 있다.

도개교는 ①구조공학, ②기계공학, ③전기제어 기술의 융합으로 탄생한다. 도개교의 기본 구조는 ①가동(可動) 경간(span), ②회전축(Pivot Point), ③카운터웨이트(Counterweight; 평형추), ④기계 장치(Mechanism), ⑤탑 구조(기계실, 조작실 포함)로 나눌 수 있다. 튼튼하고 안전하게 가설된 도개교는 일련의 작동 순서를 지키며 운영되는데, ①경고 신호(차량 및 보행자 통제), ②도개 작동 개시, ③선박 통과, ④도개 하강, ⑤신호 해제, ⑥교통 재개의 단계를 반복한다. 이를 지키지 않을 경우, 대형 사고로 이어질 수 있기에 주의해야 한다.



〈그림10〉 영도대교(after) (출처: <https://www.visitbusan.net>)

추억의 영도다리

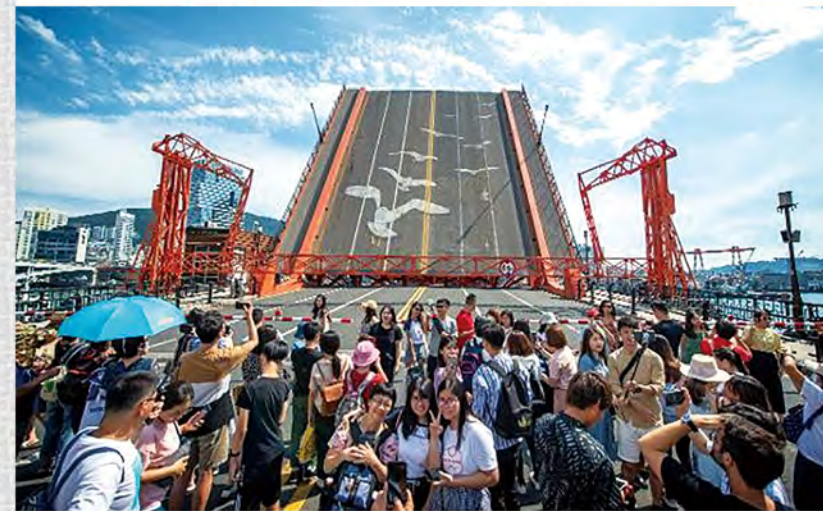
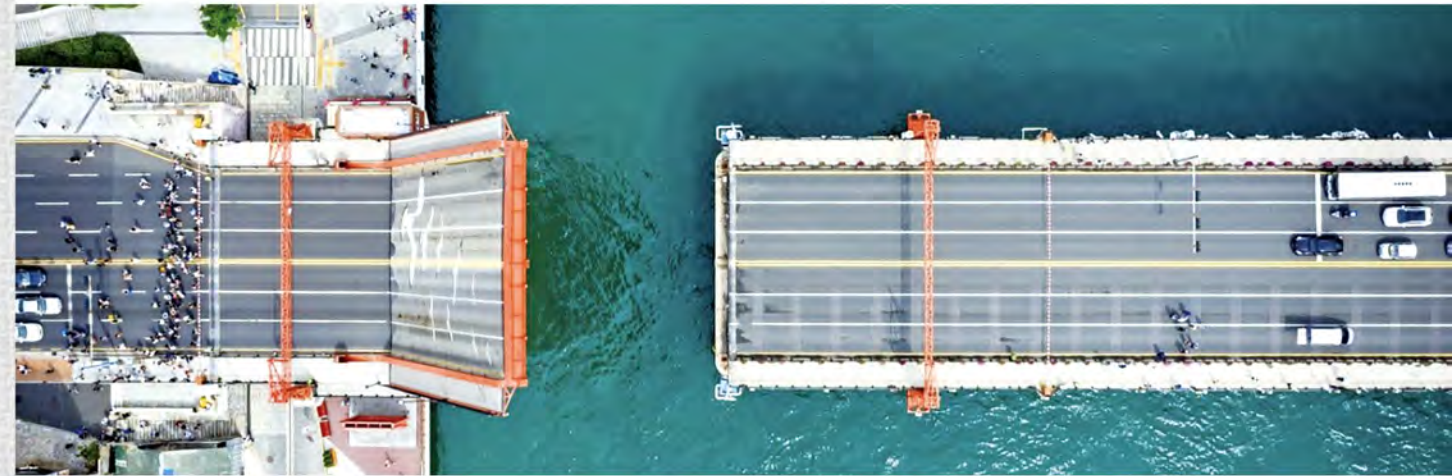
윤일로(尹一路) 노래

울었네 소리쳤네 몸부림쳤네
안개낀 부산항구 옛추억만 새롭구나
몰아치는 바람결에 발길이 가로막혀
영도다리 난간 잡고 나는 울었네

울었네 소리쳤네 몸부림쳤네
차디찬 부산항구 조각달이 기우는데
누굴 찾아 헤메이나 어데로 가야 하나
영도다리 난간 잡고 나는 울었네

울었네 소리쳤네 몸부림쳤네
눈물진 부산항구 이슬비만 나리는데
매디매디 사모치는 그 옛날 과거사가
오늘밤도 애처로이 나를 울리네.

윤일로(尹一路, 1935~2019년)가 노래하고 이철수가 작사, 이재현이 작곡한 『추억의 영도다리(bridge of memories)』(1958년)는 한국의 옛 대중가요(大衆歌謠)이다. 1950년대에 등장한 대중가요 속 부산 영도의 역사는 한국인이 겪은 애환과 시련이 표현되곤 했다. 본 가요 역시 맥을 같이하고 있다.



〈그림11〉, 〈그림12〉 영도대교(after) (출처: <https://www.visitbusan.net>)

도개교의 도개 순간은(지역에) 볼거리를 제공한다. 매일의 반복적인 이벤트 순간이다. 눈이 간다. 따라서 지역의 랜드마크(LAND-MARK)로 자리매김하기에 용이하다. 도개교는 글과 그림, 노래, 영화 등의 각종 문화예술 작품의 소재로 쓰인다. 현장에서는 레이저쇼 혹은 불꽃놀이 축제 마당으로 활용하기도 하고, 지역을 넘어 나라의 상징물인 도개교도 어렵지 않게 찾아볼 수 있다.



〈그림13〉 영화 〈영도다리〉 포스터 (2009년)



〈그림14〉 영도구 영도다리 축제 포스터 (2012년)



〈그림15〉 영도대교 불꽃축제 홍보물 (2024년)

그녀의 미소에 대한 비유

희망에 찬 당신의 미소,
당신의 미소에 대한 생각은
내 마음속에 멈춤과 갑작스러운
안정감을 선사합니다.
고속도로 교량이 무너져 내릴 때처럼,
서두르는 차량들을 막아서며
양쪽에 몰려서 응시하는 동안,
의도적으로 도개교가 올라가기 시작합니다.

경적 소리는 조용해지고,
기름 연기는 드물게 훑날립니다.
공회전하는 엔진 위로
패킷의 매끄러운 접근, 미끄러짐,
비단결 같은 강물이 측면을 지나 미끄러져
맑은 종소리, 물살
그리고 외륜의 느린 폭포수.

리처드 윌버(Richard Wilbur, 1921~2017)의 시
『그녀의 미소를 위한 비유(A Simile for her
Smile)』는 여성의 미소가 진행되는 과정을
‘도개교가 올라가기 시작하는’ 모습에 비유한
다. 또한, 화자는 멈춰 선 차량들을 통해 여
성의 미소가 지닌 아름다움과 희소성을 더욱
강조하는데, "경적 소리가 조용해지고, 기름
연기가 드물게 난다"에서 차량이 미소의 아
름다움에 갇힌 채 다리에 접근한다고 표현했
다. 시의 고요한 분위기 속 여성의 미소에서
발견되는 사랑스러움이 극대화되었다.

A Simile for her Smile

리처드 윌버(Richard Wilbur)

Your smiling, of the hope, the thought of it,
Makes in my mind such pause and abrupt ease
As when the highway bridgegates fall,
Balking the hasty traffic, which must sit
On each side massed and staring, while
Deliberately the drawbridge starts to rise:

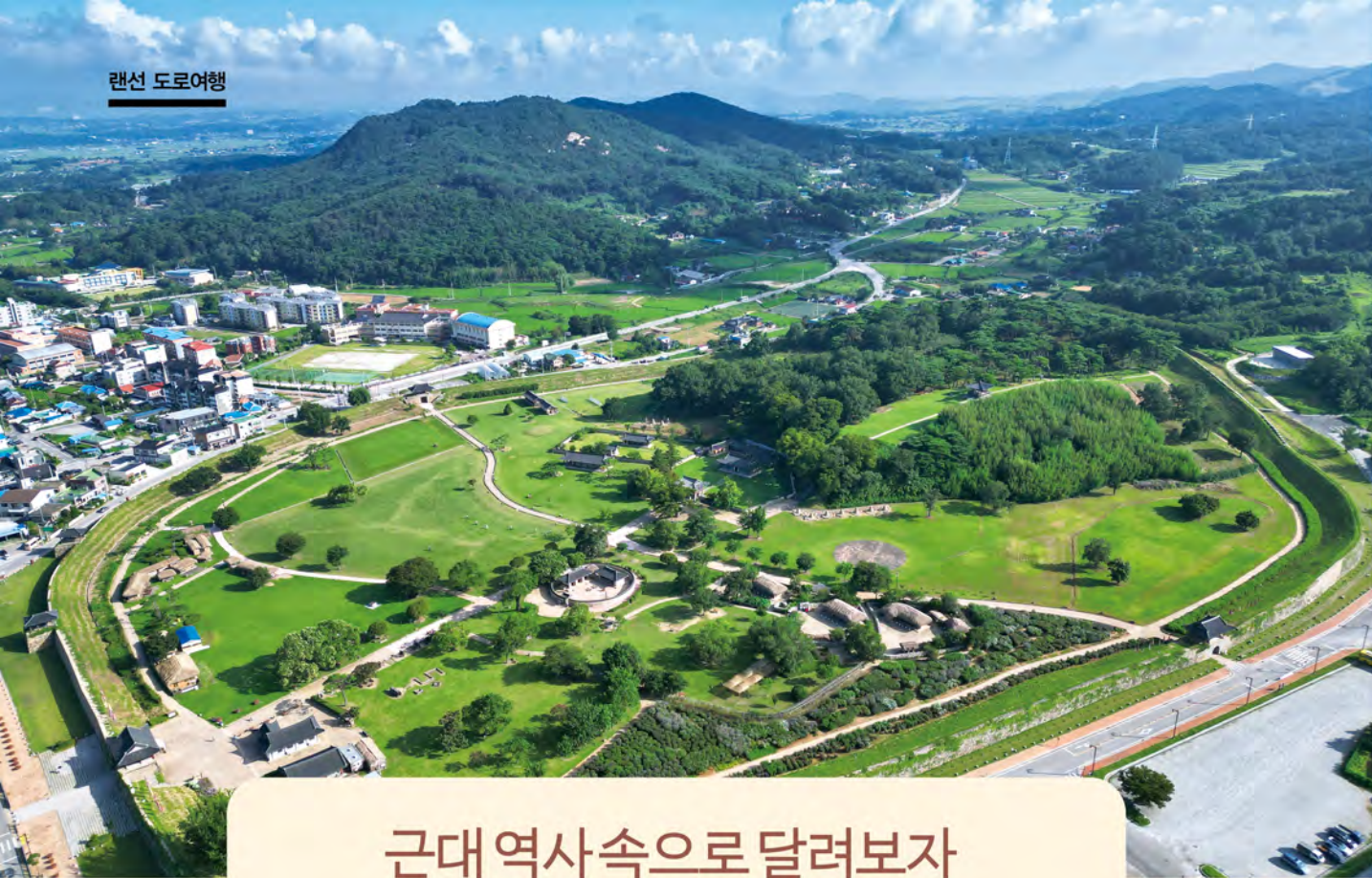
The horns are hushed, the oilsmoke rareflies,
Above the idling motors one can tell
The packet's smooth approach, the slip,
Slip of the silken river past the sides,
The ringing of the clear bells, the dip
And slow cascading of the paddle wheel.



〈그림16〉《도개교》, 2025년, 22.0×22.0cm, 캔버스에 플러스펜+싸인펜+색연필(©문지영 작품)

도개교는 교량(다리) 위 차량 이용자와 보행자 외의
통행만을 위한 구조물이 아닌, 교량 하부로 지나가는
배의 운행까지 배려한 '공생(共生)'의 다리이다. 함께
쓴다. 초를 다투며 신호등의 색이 바뀌기가 무섭게 직
진하는 우리네 인생길에서, 의도된 '침'과 '나눔'과 '배

려(配慮)'의 미(美)를 타의적(他意的)으로라도 경험하
는 공간이기도 하고, 도개교의 개폐(開閉) 순간을 차
도 위에서든 인접 공간에서든 여유를 가지고 감상해
보자. 혹시 아는가? 막혔던 가슴이 시원하게 땡 뚫릴
지? 마음의 평화가 되찾아질지? 🇰🇷



근대 역사속으로 달려보자 충청남도 역사여행

허준성 | 여행작가

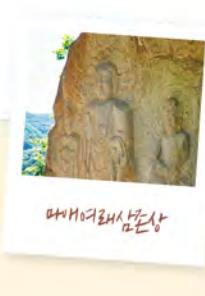
충청남도 곳곳에 독립운동에 일생을 바쳤던 독립투사를 마주할 수 있다.

대표적인 독립투사 윤봉길 의사와 북로군정서를 조직하고 청산리 대첩에서 일본군을 대파했던

김좌진 장군의 흔적도 있다. 글로 나라의 독립을 염원했던 심훈 선생도 만나 볼 수 있다.

딱히 지역으로 구분하지 않고 당진, 서산, 예산 및 홍성을 거쳐 가며

핵심 장소만 들리도록 코스를 준비했다.



독립운동의 선봉장 윤봉길의사 기념관

지금은 상상하기도 힘든 20세라는 젊은 나이로 '농민독본'을 저술하고 농촌계몽 운동을 펼치던 윤봉길 의사는 중국으로 망명하며 조국 독립에 생을 걸었다. 25세라는 꽃다운 나이에 홍콩우 공원에서 일본 천황 생일과 상하이 사변 전승을 기념하는 식장에서 폭탄을 던져 우리나라 독립운동에 새로운 전기를 마련했던 투사다. 윤봉길 의사 생가 옆에 자리 잡은 기념관에는 윤봉길 의사가 사용했던 식기와 연적, 벼루, 책상 등 유품(보물 제568호)이 전시되어 있다. 거사 직전 김구 선생과 작별하며 바꾸어 가졌던 회중시계가 역사를 대신 기억하고 있다. '장부출가생불환(사내대장부는 집을 나가 뜻을 이루기 전에는 살아서 돌아오지 않는다.)'이라는 비장한 유서를 보면 지금도 가슴 뜨거워짐이 느껴지는 것 같다.

주소 충남 예산군 덕산면 덕산온천로 183-5

전화 041-339-8238

운영 09:00~18:00(동절기~17:00)

김좌진 장군의 숨결이 남아있는 백야기념관

대한제국 말기 독립운동가인 백야 김좌진 장군의 생가지에 가면 그에 관한 이야기를 담은 백야기념관이 있다. 1889년 태어난 김좌진 장군은 15세 때 집안 소유의 노비를 해방시키고 소작농들에게 전답을 무상 공여한 토지개혁가이자, 본인의 집에 민족 계몽 교육을 위한 호명학교를 세웠던 선구자이기도 하다. 1910년 국권피탈(경술국치) 이후 독립자금 모금 중 체포되어 서대문형무소에 투옥되었다. 만주로 넘어가 북로군정서를 조직하고 1920년 청산리대첩에서 일본군을 대파하였다. 1930년 고려공산당 청년회원에 의해 암살당할 때까지 오직 나라만을 생각한 교육자이자 독립 투쟁가였다.

주소 충남 홍성군 갈산면 백야로546번길 12

전화 041-634-6952

운영 09:00~17:00, 월요일 휴무

김좌진
장군의 숨결



병인양요의
단초

병인양요의 단초가 된 서산 해미읍성

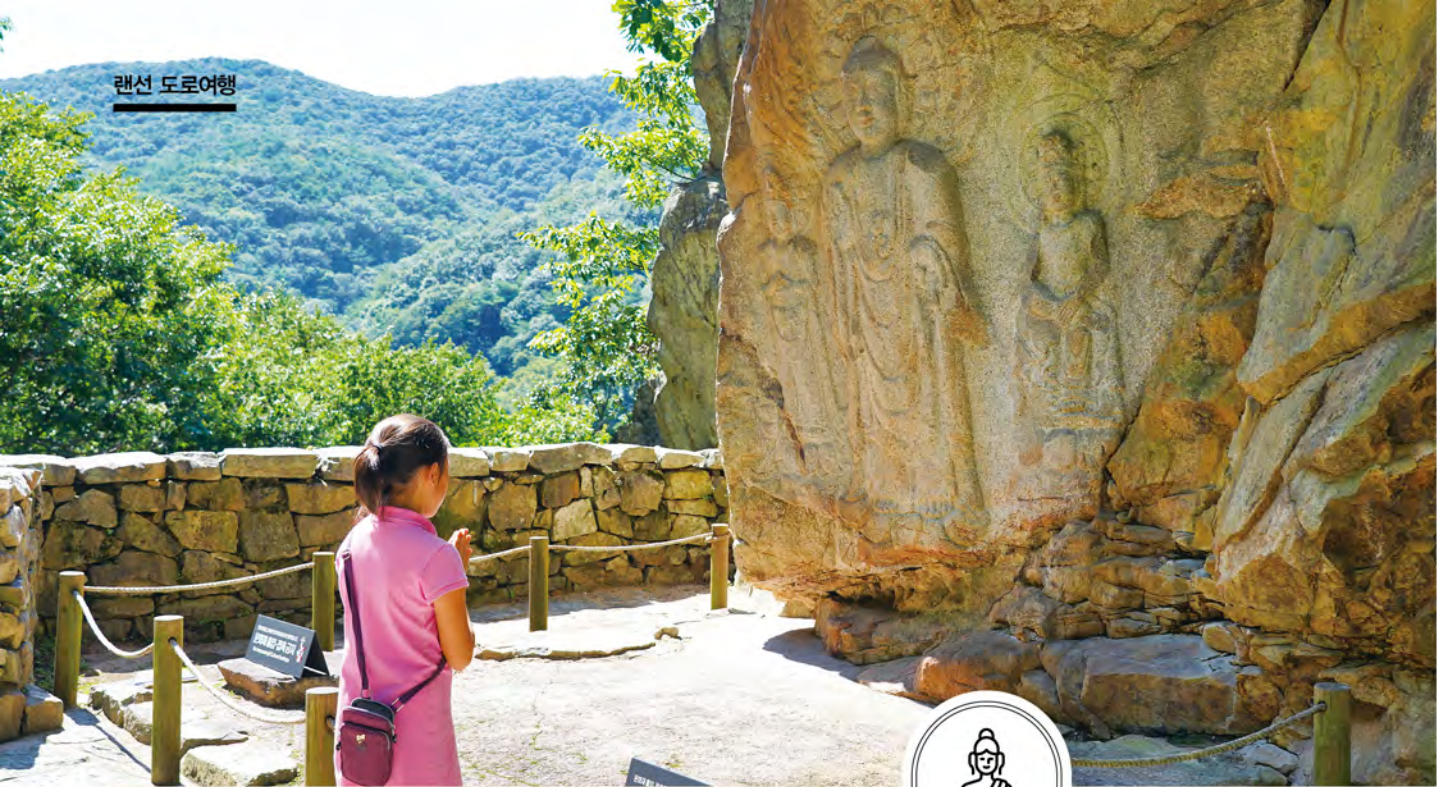
조선 초기 해안에 출몰하던 왜구를 막기 위해 충청병영을 옮기면서 1421년 읍성이 축성되었다. 적이 쉽게 침범하지 못하도록 주변에 탱자나무를 많이 심어 '탱자성'이라고도 불렸다. '정해현'과 '여미현'이 합쳐지면서 중간 글자를 따서 '해미현'이라는 지명이 되면서 읍성도 해미읍성으로 불린다. 1579년 충청 병마절도사로 충무공 이순신 장군이 10개월간 근무하기도 하였던 곳이다. 정문인 '진남문'을 지나 성의 안쪽으로 들어가면 둥글게 벽이 세워진 옥사와 회화나무가 보인다. 1866년 병인박해 때 천주교 신자들이 투옥되고 나무에 매달려 고문했던 흔적이다. 이 '병인박해'가 같은 해 프랑스가 강화도를 침공한 '병인양요'의 단초가 되었다.

주소 충남 서산시 해미면 남문2로 143

전화 041-661-8005

운영 09:00~18:00, 월요일 휴무





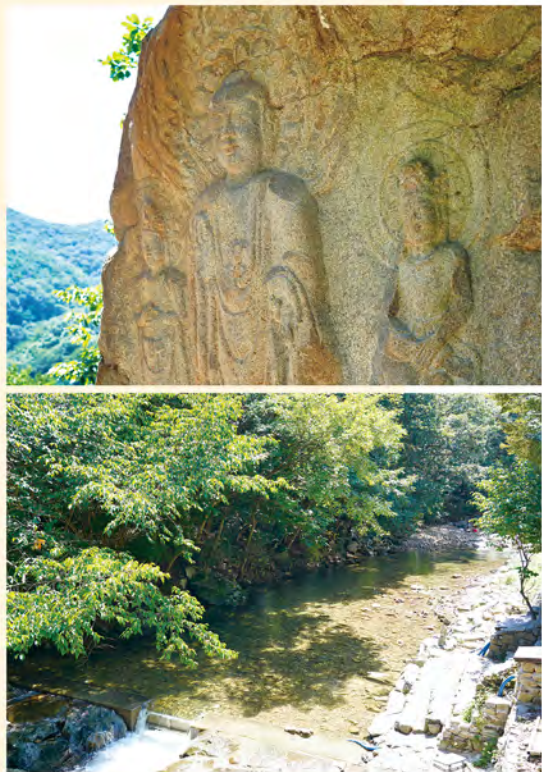
백제의 미소 마애여래삼존상

마애불은 거대한 암벽에 불상을 새겨넣은 것을 말하는데, 국보 제84호 서산 용현리의 마애여래삼존불상은 그중에서도 최고의 작품으로 여겨진다. 크기는 약 2.8미터로 교과서 사진을 보며 상상하던 모습보다는 다소 작아 보이기도 한다. 6세기 전후에 백제시대에 만들어진 것으로 추정되며, 당시 백제에 불교문화가 크게 융성하였다는 것을 알 수 있다. 생동감 있게 조각된 불상이 빛의 방향에 따라 웃는 모습이 달라진다고 하여 '백제의 미소'라고도 불린다. 불상을 보러 가는 입구에는 용현계곡이 흐른다. 더운 날 발만 잠시 담가도 여행의 피로가 절로 풀어지는 듯 맑고 깨끗함이 일품이다.

주소 충남 서산시 운산면 마애삼존불길 65-13

전화 041-660-2538

운영 09:00~18:00



글로 독립을 염원하다 심훈기념관

독립운동가이자 시인, 소설가인 심훈 선생의 작품을 모아 놓았다. 3.1운동 참여로 서대문형무소에 수감되었고, 이후 중국으로 망명하여 붓으로 나라의 독립을 지지하였다. 대표 시인 '그날이 오면'은 조국 독립을 염원하는 심훈 선생의 소망이 깊이 담겨 있다. 이후 '불사조', '동방의 애인' 등의 장편소설을 썼지만, 일본의 검열에 걸려 중단되기도 했다. 일제강점기 농촌의 모습을 사실적으로 담은 '상록수'로 농촌 계몽에 앞장섰다는 평가를 받았는데, 이 작품을 완성했던 당진 필경사(복원) 옆에 심훈기념관이 있다. 그 간의 공로가 인정되어 2000년에 건국 훈장 애국장이 수여되었다. 🇰🇷

주소 충남 당진시 송악읍 상록수길 105

전화 041-360-6883

운영 09:00~18:00(동절기~17:00), 월요일 휴무





나라사랑 역사의 길

제6편 _ 평화의 도시 화천, 6·25전적지를 가다

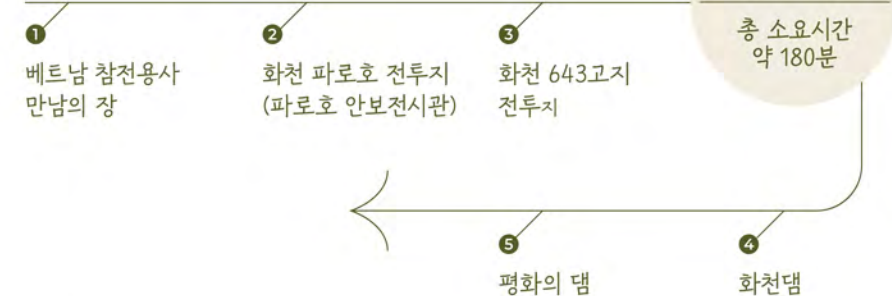
‘나라사랑 역사의 길’은 독립기념관이 2007년부터 2010년까지 진행한 국내 독립운동 및 국가수호 사적지 실태조사를 바탕으로 기획된 기록물이다. 이 길은 독립운동과 국가수호 사적지를 중심으로 현충시설, 전근대 역사유적, 경관 등을 탐방할 수 있는 역사의 길로, 우리나라 989개의 독립운동시설과 1,322개의 국가수호시설 등 총 2,311개의 현충시설을 중심으로 다양한 요소를 고려한 탐방 코스를 제공한다.

도로교통 채널에서는 독립운동과 6·25전쟁의 국가수호 사적지를 알리고, ‘나라사랑 역사의 길’을 탐방할 수 있도록 기획 연재를 하고 있다. 이번 호에서는 화천의 국가수호사적지를 탐방한다. 특별히 파로호에서의 중공군 격퇴가 가지는 의미에 대해 알아보고, 냉전의 부산물로 탄생한 ‘평화의 댐’을 방문하여 안보의식을 고취한다.

탐방로 안내

분단의 아픔과 평화의 소중함이 공존하는 땅, 화천. 이곳은 6·25전쟁의 격전지였고, 베트남 전쟁에 파병되었던 용사들의 땀과 눈물이 서린 곳이기도 하다. 상흔을 넘어 평화의 메시지를 전하는 화천으로 특별한 드라이브를 떠나보자. 역사의 길을 따라 달리며 나라사랑의 의미를 되새기고, 평화로운 오늘에 감사하는 시간을 가져보자.

탐방로 안내



코스 개요

1950년 10월 말, 중공군이 기습적으로 6·25전쟁에 참전하면서 전세는 새로운 국면에 접어들었다. 이후 1951년 4월과 5월, 중공군은 참전 이후 최대 규모의 병력을 동원해 대대적인 ‘춘계공세’를 감행했다. 이에 맞서 국군과 유엔군은 치열한 전투 끝에 이 공세를 저지하고, 전선을 지금의 휴전선까지 밀어올리는 데 성공했다. 이 과정에서 가장 큰 승리가 있었던 곳이 바로 강원도 화천의 파로호 일대다. 1951년 5월 24일부터 28일까지, 국군 제

6사단과 미 제7사단, 미 공군이 협력하여 중공군 6만 2천여 명을 사살하거나 생포하는 대전과를 거두었다. 이는 개전 이후 국군과 유엔군이 거둔 최대 규모의 승리였다. 파로호는 원래 일제강점기 화천댐 건설로 만들어진 ‘화천저수지’였으나, 이승만 대통령은 이 대승을 기리기 위해 ‘오랑캐를 크게 무찔렀다’는 의미의 ‘파로호(破虜湖)’로 이름을 바꾸었다.

이번 코스에서는 파로호 전투지를 비롯해 인근의 격전지였던 643고지 전투지를 함께 둘러본다. 또한, 화천의 대표적인 안보관광지인 ‘베트남 참전용사 만남의 장’과 ‘평화의 댐’을 방문하여, 자유와 평화의 가치를 되새기고 안보의식을 다지는 시간을 가져보자.





첫 번째 코스

베트남 참전용사 만남의 장

가장 먼저 도착한 곳은 화천군 간동면 오음리에 있는 '베트남 참전용사 만남의 장'이다. 이곳은 과거 베트남 파병장병들이 훈련을 받았던 옛 파월장병훈련장 부지에 조성됐다. 기념관에는 베트남 전쟁의 배경과 과정, 한국군 파병의 역사와 활약상이 생생하게 전시되어 있다. 당시 사용했던 전투 장비와 내무반을 재현한 공간, 월남 재현 마을 등은 마치 시간 여행을 하는 듯한 경험을 준다. 단순한 기념 시설을 넘어, 참전용사들의 헌신을 기리고 후대에는 역사 교육의 장으로, 나아가 대한민국과 베트남 간 이해와 화합을 다지는 공간으로 그 의미가 깊다.

📍 강원특별자치도 화천군 간동면 죽엽산길 81-68, 무료

두 번째 코스

화천 파로호 전투지(파로호 안보전시관)

다음 목적지는 6·25전쟁 당시 치열했던 파로호 전투 현장이다. 파로호는 1951년 5월, 국군 제6사단과 미군, 유엔 공군이 중공군을 크게 물리치고 얻은 '오랑캐를 격파한 호수'라는 뜻을 지닌 이름이다. 파로호 안보전시관에는 당시 전투 상황을 보여주는 디오라마와 유물, 사진 자료 등이 전시되어 있어 치열했던 전투의 순간들을 생생하게 느낄 수 있다. 파로호의 아름다운 풍경과 함께 자유와 평화를 위해 싸웠던 영웅들의 숭고한 희생을 기억하는 시간을 가져본다.

📍 강원특별자치도 화천군 간동면 구만리 산 62-2 일대

세 번째 코스

화천 643고지 전투지

세 번째 코스는 파로호 인근에 있는 643고지 전투지다. 이곳은 중공군의 공세에 맞서 국군 제6사단과 미 제17연대가 혈전을 벌이며 고지를 사수했던 격전지다. 수많은 젊은 목숨이 스러져간 이곳에 서면, 고지를 지키기 위한 처절했던 함성이 들리는 듯하다. 오늘날 우리가 누리는 자유와 평화가 결코 쉽게 얻어진 것이 아님을 다시 한 번 가슴 깊이 새기게 된다.

📍 강원특별자치도 화천군 화천읍 대이리 14 일대



네 번째 코스

산업의 동맥이자 안보의 최전선, 화천댐

네 번째로 향한 곳은 북한강에 건설된 화천댐이다. 1944년 준공된 화천댐은 수력발전을 통해 우리나라 산업 발전에 기여했을 뿐 아니라, 6·25전쟁 당시에는 이 댐을 차지하기 위한 치열한 공방전이 벌어졌던 전략적 요충지였다. 국군과 유엔군은 중공군의 공격을 막아내며 댐을 사수했고, 이는 전쟁의 향방에도 큰 영향을 미쳤다. 댐 정상에서 바라보는 북한강의 푸른 물결은 아름다우면서도, 그 이면에 숨겨진 치열했던 역사를 되새기게 한다.

📍 강원특별자치도 화천군 간동면 구만리 1319-1

다섯 번째 코스

평화 염원의 상징, 통일을 향한 길목, 평화의 댐. 마지막 코스는 화천군 최북단, 민간인 출입통제선 가까이 자리한 평화의 댐이다. 북한의 금강산댐 건설에 대응하기 위해 1987년 착공된 이 댐은 단순한 구조물을 넘어 평화를 향한 국민적 염원이 담긴 상징적인 건축물이다. 평상시에는 물을 가두지 않는 건류댐으로 운영되며, 주변에는 세계 평화의 종 공원, 비목공원, 물 문화관 등 다양한 안보 관광 시설이 조성되어 있다. 특히 분쟁 지역에서 수거한 탄피를 녹여 만든 '세계 평화의 종'은 평화의 소중함을 일깨우고 통일을 염원하는 메시지를 전한다. 댐 정상에서 북녘 땅을 바라보며 평화와 통일의 의미를 되새기는 것으로 화천 안보 드라이브를 마무리해 보자. 🇰🇷🇻🇳

📍 강원특별자치도 화천군 화천읍 동촌리 2917-4

출처: 독립기념관 국내 독립운동·국가수호 사적지 홈페이지
자료와 사진을 제공해주신 독립기념관, 강원특별자치도청, 화천군청에 깊이 감사드립니다.

조랑말 신화의 뿌리

④ 이게 경고야, 감탄이야?

지정용 | 작가

“각하, 해방 10주년 기념 산업박람회에 우리 손으로 처음 만든 자동차가 전시돼 대단한 화제를 모으고 있습니다.”
“그런가? 누가 만들었는가?”



시발자동차

산업기반조차 없는데 자동차라니. 1955년 10월 박람회 대통령상은 따 놓은 당상이었다. 이름은 시발(始發). 욕 아니다. 자동차 생산의 시작이라는 의미였다. 상표는 한글 ‘시-발’로 표기했다.
원래 서울시장상이었는데, 시발의 조희성 전무와 대통령 의전차 운전기사가 막역한 사이여서 대통령상을 수상했다는 얘기가 돌았다. 다 차치하고, 대한민국 생산 1호 자동차와 대통령상이 어색한가?
1937년 최씨 삼 형제가 정비공장을 차렸다. 무성·혜성·순성씨였다. 해방 후 남한에는 미군이 주둔했다. 우리 정부가 수립된 후 미군은 사용하던 차량을 불하하고 떠났다. ‘윌리스 MB’와 ‘GMC 트럭’이었다. 삼 형제는 ‘국제차량제작’을 설립해 차량을 재활용하는 재생차 사업으로 진출했다.



1호차를 비롯해 개발 초기엔 맨땅에서 작업했다(왼쪽). 망치질이 많았다 / 한국자동차문화연구소

6.25 전쟁 후, 모든 게 태부족이었지만 드럼통은 많았다. 전쟁은 기름 소모전이기도 했다. 삼 형제는 재생차 노하우를 살려 자동차를 만들기로 마음먹었다. 드럼통을 차체에 일부 활용했다. 필요한 부분은 두드려 폈다. 자동차 제작을 위해 일본에서 공부하고 돌아온 엔진 도사 김영삼을 끌어들었다. 김영삼은 미군이 두고 간 윌리스 MB 엔진을 리버스했다. 동일한 성능을 얻기 위해 내부 부품을 모두 뜯어내 하나하나 분석했다.
여전히 쓸 만한 부품은 모아 재조립했다. 망가진 부품은 거꾸집 주조 방식으로 똑같이 만들었다.

무단복제를 알게 된 본사에서 찾아왔다. 윌리스를 인수한 카이저프레이저의 엔지니어는 입국해 제작 과정을 보고 깜짝 놀랐다. 경고하는 말 속에 경이로움이 묻어나왔다. “당신들! 정말 대단하군요. 하지만 이런 짓은 당장 그만둬야 합니다.”
그렇다고 복제를 문제 삼은 적은 없다.
수제작이어서 한 대 생산에 넉 달이 걸렸다. 사무실과 공장은 을지로2가에 있었다. 미군이 버린 버스가 사무실이었다. 공장 은 비를 피하면 그만이었다. 천막을 쳤다.
복제가 순정과 같을 순 없었다. ‘포니를 만든 별난 한국인들’의 저자 강명환은 대학 시절 시발의 엔진 블록을 만들었던 삼성공업사에서 실습했다.
제작에 일조한 뿌듯함에 시발택시 기사에게 엔진이 어떤지 묻곤 했다. 기사들은 “두어 달이 지나면(엔진에) 힘이 빠진다”고 불평했다고 한다.



라디에이터 그릴을 가로형으로 바꾼 것 말고는 윌리스 MB 복제품이나 마찬가지였다 / 국가기록원



1958년 행운추첨대회가 열렸다. 당첨자가 시발자동차 앞에서 포즈를 취하고 있다 / 국가기록원

박람회 출품 전 1955년 8월의 출시가는 8만 원이었다. 보릿고개 시절 쌀 90가마니를 살 수 있었다. 수상 이후 택시회사들이 관심을 가지면서 폭등했다. 30만 원이어서 구할 수가 없었다. 대량생산을 할 수 없으니, 어쩔 수 없었다.
부유층의 주문도 쇄도했다. 한 대 가격은 90만 원까지 올랐다. 선금으로 받은 계약금만 1억 원이 넘었다. 공장을 확장했다.
전조등과 타이어, 차체까지 하나씩 국산화했다. 1956년 엔진 일부도 자체 제작하는 데 성공했다.
1958년 차체와 엔진의 국산화율이 56%라는 자료를 정부에 냈다.



파생형 모델인 시발 세단 /
국가기록원

1957년 세단형 9인승을 제작했다. 픽업트럭은 시발자동차의 부품 운반용으로 2대를 생산했다. 1961년에는 디젤 버스도 출시했다. 당시 오재경 공보부 장관이 시승했다. 라디오 광고를 했다. 로고송을 흥얼거리다 아이들이 어른들에게 혼나기도 했다. 욕하지 말라고.

“시발, 시발, 우리의 시~발 자동차를 타고 삼천리를 달리자~
시발, 시발, 우리의 시~발 자동차를 타고 종로 거리를 달리자~”.

1937년 2월, 일제는 부평에 공장을 지었다. 인천 북항이 가까웠다. 중·일전쟁을 작심하고 군용차량 생산기지를 만든 것이다. 이름은 조선국산자동차(朝鮮國產自動車)로 포장했다. 일제는 패망했지만, 시설은 남았다. 자연스레 국영기업이 됐지만 생산할 여건이 되지 않았다. 인력도 자본도 없었다. 방치되다가 1954년 조용히 청산했다.



닛산 블루버드를 라이선스 생산한 새나라는 출시 직후부터
시발자동차를 압도했다 / 국가기록원

8년간 방치됐던 이 공장을 새나라자동차가 1962년 인수했다. 재일교포 박노정이 닛산 블루버드를 부품 상태로 들여와 조립했다. 출고명은 '새나라'였다. 새나라 양장미인이라는 별칭으로 불리며 선풍적인 인기를 끌었다. 컨베이어벨트 시스템을 활용해 디자인과 성능 외에 공급량에서도 압도했다. 시발은 주문이 없어지며 1963년 5월 문을 닫았다. 망치로 두드려 펴 2,235대를 생산하고 역사 속으로 사라졌다. 새나라는 1962년 11월 생산을 시작해 이듬해 5월까지 7개월도 안 되는 기간에 2,700여 대를 생산했다. 그러다 박노정이 갑자기 국내 재산을 모두 정리하고 일본으로 돌아가 잠적했다. 먹튀였는데, 행방을 끝까지 찾지 못했다.

시발의 필리핀 버전, 지프니(Jeepney)는 여전히 현역으로 활약하고 있다. 관광지 기념품 가게에서 모형을 팔고 있을 정도로 필리핀의 명물이다.

마닐라의 지프니 업체들은 지금은 지프를 개조하지 않고 지프니 전용으로 생산되는 차종을 사용한다. 현대 마이티를 기반으로 한 'HD50S', '이스트', '히노' 등이다.

디자인은 지프니를 계승한다. 버스처럼 앞 유리창의 행선지 표지판을 보고 타지만 따로 정류장은 없고 그냥 길 가다 잡아서 탄다. 지프니는 Jeep와 Pony의 합성어로, 처음엔 윌리스 MB를 개조한 버스였다. 여러 대를 운영하는 업체도 있지만 개인도 운영한다.



지프니는 시발의 필리핀 버전이다



미군의 윌리스 MB(왼쪽)와 1980년 교체한 HMMWV(함비)

2차 세계대전 초기 미군은 다목적 전술 차량을 원했다. 세 모델이 요구를 충족시켰다. 윌리스-오버랜드의 MA, 아메리칸 반탐의 BRC, 포드의 GP. 각각 납품받다가 1941년 장점을 합친 통합 모델 윌리스 MB를 개발했다. 기동성이 뛰어났지만, 무게중심이 너무 높아 전복사고가 잦았다. 1980년 레이건 정부에서 '함비'로 교체했다. 포드에서 만든 GP는 포드의 원래 지프형 차량과 구분하기 위해 'GPW(GP+ Willys)'로 불렸다. 지프는 이 GP를 부르다 고유명사처럼 되었다는 설이 유력하다. 우리는 대개 앞 악센트를 강하게 했었다. 짬차다. 🇫🇷

울창한 숲길 지나 만나는 '원융한 참된 실체'

부안 내소사

'천년 할머니 당산나무'와 '꽃문살'

동욱 | 작가

내소사는 나무가 좋다.

일주문 지나 곧게 뻗은 전나무 7백 그루가 만드는 울창한 숲길 터널이 좋다. 오대산 월정사, 광릉 국립수목원과 함께 우리나라 3대 전나무 숲이란다. 전나무가 뿜어내는 시원한 향기는 덤으로 즐길 수 있다.

내소사 경내에선 요즘 쉽게 찾을 수 없는

당산나무를 볼 수 있어서 좋다.

나무 높이가 20미터, 둘레가 7.5미터인 느티나무는 천 년 넘게 이 자리를 지키며 마을의 수호신 역할을 톡톡히 하고 있다. 이름도 정겨운 '할머니 당산나무'



내소사 경내 300살 보리수 나무



천년 느티나무 할머니 당산 나무



내소사 대웅보전 정면



내소사 대웅보전 정면 현판과 내부 불상

옆에 있는 300살 보리수나무가 '초여름에 향기로운 꽃이 만발해 많은 벌떼가 공양하고 간다.'며 자랑하지만 애당초 천년 할머니 당산나무와는 비교가 안 된다.

부처님 도량에 토속신앙이 자리 잡은 건 불교와 민간신앙의 융합이다.

해마다 음력 대보름이면 내소사에선 마을의 평안과 풍년을 바라는 당산제가 열린다. 할머니 당산나무가 있는 내소사 경내에선 스님들이 불교식으로, 일주문 밖에 있는 700살 할아버지 당산나무에선 주민들이 유교식으로 연다.

불교와 토속신앙의 융합에다 유교식 제례까지, 내소사 당산나무는 종교를 아우른 '원융한 참된 실체'이다.



왼쪽부터
내소사 대웅보전 꽃문살 2쪽
—
내소사 대웅보전 꽃문살

할머니 당산나무를 뒤로하고 대웅보전을 마주 보면 색이 날아간 현판이 모습을 드러낸다. 단청을 더 이상 칠하지 않아 화려하지 않지만, 나무색이 담아 낸 세월과 고졸미를 느낄 수 있어 오히려 더 좋다.

대웅보전에서 순례자의 눈길을 사로잡는 건 문짝마다 그려진 꽃문살 무늬다.

“꽃문살은 한국적인 아름다움을 가장 잘 표현한 것으로, 우리나라 장식무늬의 최고 수준으로 평가받고 있다. 해바라기꽃과 연꽃, 국화꽃의 꽃무늬가 새겨져 있는데 그 새긴 모양이 문마다 다르고 섬세하고 아름다워 전설 속의 목수가 얼마나 많은 공을 들였는지 엿볼 수 있다.”

“꽃 한 잎, 한 잎이 살아 움직이는 듯한데, 여섯 꽃잎을 조각하며 기묘하게 맞추어 나간 연속 문양 솜씨는 신기에 가깝다”고 내소사 홈페이지는 적고 있다.

“수백 년 세월이 채색은 지워졌지만 나뭇결은 그대로 도톰하게 살아 오른 것 같아 더욱 아름다운 꽃무늬”

그 무늬를 하나하나 새긴 장인의 공덕이 대단하다.



왼쪽부터
내소사 대웅보전 물고기를 문 용
—
대웅보전 내부 공포

「...한 송이 한 송이마다 금강경 천수경을 새겨 넣으며
풍경소리까지도 고스란히 담아냈을
누군가의 소명을 살그머니 엿보고 싶다
매화 국화 모란 꽃잎에
자신의 속마음까지도 새겨 넣었을
그 옛날 어느 누구의 곱다란 손길이
극락정토로 가는 문을 저리도 활짝 열어놓고
우리를 맞이하는 것인지...」
〈김혜선, 「내소사에서 쓰는 편지」, 2019. 중 일부〉

꽃무늬에 감탄하며 대웅보전으로 들어가는 데 예상 밖이다. 오랜 세월이 느껴지긴 하지만 단청의 화려함은 그대로 유지하고 있다.

대들보를 90도로 연결하는 보에는 용의 모습을 조각했는데, 용이 물고기를 물고 있는 것이 재미있다. 용이 물고기를 잡아챌 만큼 물기운이 많다는 걸 상징적으로 보여줘 화재를 예방하려는 일종의 부적으로도 보인다.

그런데 한쪽 보에 빈 공간이 눈에 띈다. ‘포’가 들어 있어야 하는 데 빠진 탓에 ‘공포’가 된 것이다. 포는 기둥 위를 가로지른 보 위에 나뭇가지처럼 나와 있는 것으로 보와 서까래 사이를 장식하는 거라고 한다. 하나면 일포, 세 개면 삼포 이런 식으로 부른다.



내소사 대웅보전 천정 단청



목침이 빠져 공포가 된 데는 이유가 있겠지만 선조들은 흥미로운 전설로 승화시키고 있다.

조선 인조 때인 1633년 청민 대사가 절을 건립했는데, 호랑이가 변한 대호(大虎)선사가 법당을 지었다는 전설이다. 대웅보전을 짓는 목수가 대패로 목침을 수없이 만들어 노적만큼 쌓아 올렸는데, 목침만 만드는 게 알미워 사미승이 목침 하나를 감추었다. 목침 깎기 3년이 되던 날 하나가 모자라자 목수는 절망의 눈물을 흘렸다고 한다. 청민 대사는 그래도 법당을 지으라고 했고, 쇠못을 사용하지 않은 대웅보전은 포가 하나 빠진 채 완성됐다는 것이다.



내소사 선인당과 능가산 구름



내소사 선인당 내소사 현판

아름다운 단청은 관세음보살이 오색찬란한 새로 변신해 건물 안을 날아다니며 직접 칠했다는 전설도 더해진다. 천정에는 연꽃과 모란 같은 꽃들이 네모 칸에 연속으로 그려져 있고, 선학 그림이 바깥 네모 칸을 차지하고 있다. 부드럽고 화려한 장식이 나무 건물에 생기 넘치는 생명력을 불어넣고 있는 것이다.

“특히 대웅보전 법당 천정에 단청 문양을 배치할 때는 대칭과 반복의 원리, 고귀한 중심 문양을 겹겹이 에워싸는 중중무진의 원리로……바깥에서 중심으로 선학-모란과 연꽃-팔엽 연화문-팔엽 연화문의 순서로 깊어지게 배열했다. 정법계진언을 봉안하는 팔엽 연화문 문양의 내용적 깊이를 예술의 조형원리로 극대화하여 장엄의 지향점을 더욱 분명하게 강조한다.……결국은 청정한 마음에 있다. 교의와 예술의 조화로움의 극치를 이룬 산사 단청 장식의 원형으로 손꼽을 만하다.……한국 산사 법당 천정은 예술과 종교 교의, 수리적 기하학이 통일 구조를 이루고 있는 법계 우주다.”

〈노재학, 『한국의 단청: 화엄의 꽃』, 미진사, 2021, p.276〉

천년 나무와 단청 장식이 살아 숨 쉬는 곳.
우리네 토속신앙과 유교, 불교가 융합된 종교 소통의 증표.
이곳에 오면(來) 다시 되살아나는(蘇)…이름 그대로 내소사다.

내소사에서 만나는 소생(蘇生)의 지혜



속도를 떨어내고 감성을 채우는 길

모든 길은 저마다의 표정을 지닌다. 전라북도 부안, 번산반도 남쪽 기슭에 자리한 내소사(來蘇寺)로 향하는 길은 유독 깊고 그윽한 표정으로 운전자를 맞이한다. 번잡한 30번 국도에서 빠져나와 내소사로 접어드는 순간, 길은 폭을 좁히며 주변 풍경과 하나가 된다.

자동차는 이 길 위에서 더 이상 속도를 자랑하지 못한다. 부드럽게 휘어지는 선형과 나지막한 오르막은 운전자의 발에서 힘을 빼고, 대신 창밖을 바라볼 여유를 선물한다. 울창한 나무들이 만들어내는 그늘과 햇살의 교차는 단순한 주행을 '빛과 그림자를 통과하는 사색의 시간'으로 바꾸어 놓는다. 이것은 잘 설계된 도로가 어떻게 우리의 감각을 깨우고 내면을 돌아보게 하는지 보여주는 '도로가 주는 선물'의 생생한 현장이다. 길은 목적지로 우리를 이끄는 기능적 수단을 넘어, 그 여정 자체를 하나의 문화적 체험으로 만드는 서막(序幕)이 된다.



길의 끝은 사색의 시작점

자동차 길이 끝나는 지점, 넉넉하게 마련된 주차장은 단순한 편의 시설 이상의 의미를 지닌다. 이곳은 현대 문명의 상징인 자동차를 잠시 세워두고, 천년의 역사가 깃든 사찰의 시간 속으로 걸어 들어가는 '전환의 공간'이다. 잘 구획된 주차 공간과 장애인, 노약자를 배려한 동선은 모든 이에게 차별 없는 문화 향유의 기회를 제공하려는 도로 인프라의 따뜻한 배려가 돋보이는 지점이다. 자동차의 시동을 끄는 행위는 잠시 세상의 소음과 단절하는 의식과도 같다. 우리는 아스팔트와 엔진 소음의 세계에서 흙과 바람 소리의 세계로 들어선다. 도로의 끝은 단절이 아니라, 새로운 시작의 공간이다. 이 사려 깊은 공간이 있기에, 우리는 비로소 온전히 내소사와 마주할 준비를 마친다.

길의 끝에서 천년의 아름다움을 만나

주차장에서 일주문을 지나면, 한국에서 가장 아름다운 길로 꼽히는 600m의 전나무 숲길이 펼쳐진다. 하늘을 향해 곧게 뻗은 700여 그루의 전나무가 만드는 고요한 터널은, 앞서 자동차 길 위에서 차분히 가라앉힌 마음을 더욱 깊은 평온으로 이끈다. 만약 고속도로를 달리던 속도 그대로 이곳에 도착했다면, 이 숲길이 주는 장엄한 고요함을 온전히 느끼지 못했을 것이다. 숲길 끝에서 마주하는 내소사 대웅보전(보물 제291호)의 단아한 모습과, 문살 하나하나에 피어난 연꽃과 국화 무늬는 길 위에서부터 차곡차곡 쌓아온 감성의 절정이다. 화려한 단청 대신 세월의 흔적을 고스란히 드러낸 나뭇결, 정교한 손길로 생명을 불어넣은 꽃문살의 아름다움은 서두르지 않고 천천히 다가온 이에게만 그 속살을 온전히 보여준다. 결국 내소사로 향하는 길은, 사찰이라는 문화유산을 가장 깊이 있게 체험할 수 있도록 우리의 마음을 미리 조율하는 '움직이는 명상 공간'인 셈이다.

소생(蘇生)의 여정을 완성하다

'이곳에 오면 모든 것이 되살아난다'는 내소사의 이름처럼, 그 소생의 경험은 사찰 경내에서만 이루어지는 것이 아니다. 도시의 번잡함에서 벗어나 국도와 지방도를 달리는 그 순간부터, 자동차를 세우고 흙길을 밟는 순간, 그리고 마침내 천년의 시간을 마주하는 순간까지, 이 모든 여정이 하나의 길 위에서 완성된다. 내소사로 향하는 길은 우리에게 '좋은 길'이란 무엇인지 다시 묻는다. 그것은 단지 빠르고 편리한 길이 아니라, 사람과 자연, 그리고 문화를 잇는 길이다. 속도를 늦추고 주변을 돌아보게 함으로써, 우리 삶의 풍경을 더욱 풍요롭게 만드는 길이다. 이 길 위에서 우리는 단순한 운전자를 넘어, 문화의 향유자이자 사색하는 여행자가 된다. 이처럼 내소사로 향하는 길은 그 자체가 하나의 목적지이자, 우리 도로인이 지향해야 할 소중한 이정표다. 🇰🇷

신규 회원사 (주)삼송마그마를 소개합니다

“
30년 기술 외길,
도로 인프라의
새로운 지평을 열다
”



30년 역사에 깃든 기술력, 건설 혁신을 이끌다

(주)삼송마그마는 1992년 6월, 삼송방수(주)로 첫발을 내디뎠다. 창립 초기부터 방수 및 특수 포장 분야에 집중하며 기술력을 축적했고, 1995년 (주)삼송마그마로 상호를 변경하며 본격적인 성장의 기틀을 마련했다. 장수, 번영, 으뜸을 상징하는 세 그루의 소나무(Pine Tree) 형상의 CI에는 기술과 환경을 최우선으로 하여 고객과 사회로부터 신뢰받는 '명문 장수기업'이 되겠다는 기업의 확고한 철학이 담겨있다. 이러한 철학을 바탕으로 도장·방수·포장 공사업을 넘어 제조업까지 사업 영역을 확장하며, 설계부터 자재 생산, 시공까지 전 과정을 아우르는 '원스톱 솔루션'을 제공하는 건설 혁신 기업으로 자리매김했다. 지난 30여 년의 시간 동안 축적된 경험과 기술력은 국내 최다 실적으로 그 전문성을 증명하고 있으며, 이는 고객 가치와 만족 실현을 위한 끊임없는 노력의 결실로 평가된다.

국가 경제의 대동맥인 도로는 단순한 이동 경로를 넘어 국민의 안전, 물류의 효율성, 그리고 국토의 균형 발전을 책임지는 핵심 사회기반시설이다. 한국도로협회는 회원사와 함께 안전하고 편리한 도로 환경 조성을 위해 끊임없이 노력하고 있다. 이번 호에서는 1992년 설립 이래 30여 년간 대한민국 도로분야에서 기술 혁신을 선도해 온 (주)삼송마그마(대표이사 황석창, 황정준)를 조명한다. 교량, 포장, 터널 등 도로 구조물의 안전과 수명을 책임지는 핵심 기술력을 바탕으로 대한민국 대표 전문건설기업으로 성장한 삼송마그마의 저력과 비전을 들여다본다.

도로의 안전과 수명을 책임지는 핵심 사업

(주)삼송마그마의 사업 영역은 크게 교량·포장, 지하·터널, 건축·환경의 세 축으로 나뉜다. 이 중 도로교통 인프라의 근간을 이루는 교량·포장과 지하·터널 분야는 핵심적인 사업 분야로 꼽힌다.

① **교량·포장 사업:** 교량은 차량 하중, 진동, 기후 변화 등 외부 환경에 직접 노출되어 구조물의 성능 저하가 빠르게 일어날 수 있는 시설물이다. 삼송마그마는 교량 상판을 보호하고 내구성을 증진시키는 교면방수 기술에 독보적인 노하우를 보유하고 있다. 대표 공법인 '슈프림 데크코트 M6'는 탁월한 방수 성능과 접착력으로 교량의 수명을 연장하고 주행 안전성을 제고하는 데 크게 기여하고 있다. 이 외에도 CONA 공법, 슈프림 접착성 적층필름시트 복합방수 공법, ALPHA-GREEN 방수 방근공법, SM점착복합방수공법과 아스팔트 포장의 품질을 높이는 다양한 기술을 통해 쾌적하고 안전한 주행 환경을 제공한다.

② **지하차도/터널 사업:** 터널과 같은 지하 구조물은 누수 발생 시 구조물의 안전에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 삼송마그마는 'SM 점착복합 방수 공법', 'URO엠보시트(TDM) 터널방수 공법' 등 혁신적인 방수·방습 기술을 통해 지하 구조물의 안정성을 확보하고 유지관리 비용을 절감하는 데 중요한 역할을 수행하고 있다. 이처럼 삼송마그마는 도로 구조물의 핵심을 책임지는 기술을 통해 보이지 않는 곳에서부터 국민의 안전을 지키고 있다.

기술과 품질의 만남, 혁신 기술력으로 드러난 경쟁력

삼송마그마의 핵심 경쟁력은 꾸준한 연구개발을 통해 축적된 기술 혁신에서 나온다. 그 대표적인 성과로 지난 2025년 4월 국토교통부로부터 지정받은 건설신기술 제1019호를 들 수 있다. '구리분말 혼입 EVA 시트와 점착질을 합지한 복합 시트를 이용하여 시트의 분리파단방지 및 이중 접합 구조를 형성하는 방수·방근 공법'으로 명명된 이 기술은 삼송마그마의 기술력을 집약적으로 보여주는 사례이다. 이 기술은 유연성과 내구성이 뛰어난 EVA(Ethylene Vinyl Acetate) 시트에 구리 분말을 혼입하여 식물 뿌리의 침투를 막는 방근(防根) 기능을 더한 것이 특징이다. 여기에 점착질을 합지해 시공 편의성과 완벽한 방수층 형성을 동시에 구현했다. 해당 신기술은 교량, 지하차도, 터널은 물론 옥상 녹화, 지하 구조물 등 다양한 건설 현장에 적용되어 시설물의 가치와 안전성을 높일 것으로 기대를 모은다.



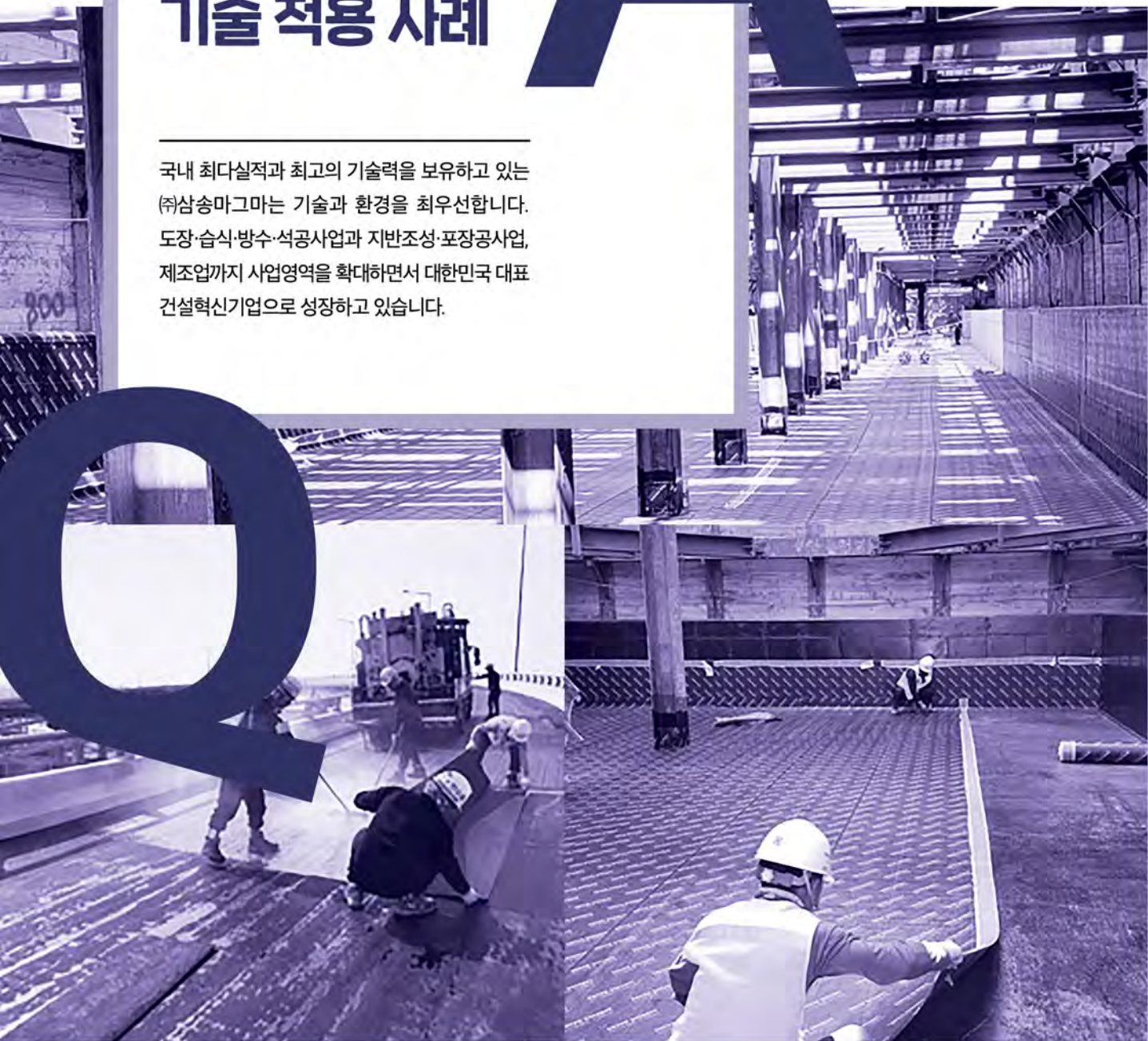
인증·인정 현황 | Status of certification and recognition



Q&A로 살펴보는

삼송마그마 기술 적용 사례

국내 최다실적과 최고의 기술력을 보유하고 있는 (주)삼송마그마는 기술과 환경을 최우선합니다. 도장·습식·방수·석공사업과 지반조성·포장공사, 제조업까지 사업영역을 확대하면서 대한민국 대표 건설혁신기업으로 성장하고 있습니다.



 (주)삼송마그마

Q 최근 지정된 제1019호 건설신기술은 어떤 의미가 있는지?

A 건설신기술 지정은 저희의 끊임없는 연구개발 노력이 맺은 소중한 결실이다. 방수와 방근이라는 두 핵심 기능을 하나의 복합 시트로 구현하여 구조물의 장기적인 내구성과 안정성을 획기적으로 개선한 기술이다. 이는 단순히 하나의 신기술을 넘어, 유지관리 비용을 절감하고 구조물의 생애주기를 연장하는 지속 가능한 건설 환경을 위한 중요한 발걸음이라고 생각한다.

Q 삼송마그마는 보령해저터널 방수 공사에 TDM 터널방수(URO엠보시트) 공법을 적용하여 성공적으로 마무리한 것으로 알려져 있다. 이 기술의 핵심적인 특징과 장점은?

A 삼송마그마의 TDM 방수 공법은 터널의 안전과 내구성을 확보하는 데 핵심적인 역할을 수행하고 있다. 해저터널이라는 특수한 환경을 고려하여 개발된 이 공법은 기존 방수 공법의 단점을 보완하고 혁신적인 기술을 융합했다. 가장 큰 특징은 2중 방수 시스템을 구축하여 방수 성능을 극대화했다는 점이다. 1차적으로는 고성능의 방수 시트를 적용하여 수압을 차단하고, 2차적으로는 특수 몰탈을 사용하여 혹시 모를 누수까지 완벽하게 방어했다. 또한, 시공 과정에서 균열 발생 억제 기술을 적용하여 장기적인 내구성을 확보했다. 해저 환경은 염분과 습도가 높아 콘크리트 구조물의 열화를 촉진할 수 있지만, TDM 방수 공법은 이러한 환경적인 요인에도 강력하게 저항할 수 있도록 설계되었다.

Q 삼송마그마의 향후 비전은 무엇인가?

A 삼송마그마 비전은 대한민국 전문건설업체의 표준 모델을 제시하는 '명문 장수기업'이 되는 것이다. 단기적인 성과에 연연하지 않고, 지속적인 혁신과 도전을 통해 고객과 사회로부터 받은 신뢰에 보답하고자 한다. 앞으로도 기술과 환경을 최우선 가치로 삼아 사람과 자연이 조화를 이루는 안전하고 풍요로운 사회기반시설을 만드는 데 최선을 다하겠다. 한국도로협회 회원사 여러분의 많은 관심과 성원 부탁드립니다.



자전거 도로 정보 14편

지자체 명품 자전거길 소개

전국 방방곡곡의 매력을 두 바퀴로 만나보자



코로나19 팬데믹을 거치며 자전거는 단순한 교통수단을 넘어, 건강과 즐거움을 동시에 잡는 국민 레저 활동으로 자리 잡았다. 페달을 밟으며 마주하는 상쾌한 바람과 눈앞에 펼쳐지는 아름다운 풍경은 우리에게 일상의 활력과 특별한 추억을 선사한다. 이러한 흐름에 발맞추어 행정안전부와 각 지방자치단체는 전국의 숨은 자전거길을 발굴하고, 국민들이 더욱 안전하고 즐겁게 자전거를 즐길 수 있도록 '아름다운 자전거길 100선'을 선정한 바 있다. 도로교통 저널에서는 '자전거 도로정보' 섹션을 통해, '국토중주 자전거길'에 이어 '지자체 명품 자전거길'을 하나씩 소개해 드리는 연재를 시작하고자 한다. 그 첫 순서로, 이번 호에서는 '지자체 명품 자전거길'이 어떤 매력을 품고 있는지 전체적으로 조망하는 시간을 가져보자.

'지자체 명품 자전거길', 어떻게 선정되었나?

'지자체 명품 자전거길'은 단순한 자전거 도로 이상의 가치를 지닌 길을 선정하는 데 초점을 맞췄다. 선정 과정에는 안전성과 접근성, 자연경관, 즐길거리, 먹거리, 지역 특성 반영 등 종합적으로 고려하였다고 해당 홈페이지에는 설명하고 있다. 이러한 기준을 바탕으로, 전국의 수많은 자전거길 중에서도 이야기가 있고 특별한 감동을 주는 곳들이 '지자체 명품 자전거길'의 반열에 오르게 된 것이다.



강릉 경포호 산소길



경주 역사탐방 자전거길



옥천 향수 100리길



신안 증도 자전거길

(다음 호에 계속) - 자전거 도로 정보 제15편

참고자료

자전거 행복나눔 누리집(www.bike.go.kr), 한국관광공사, 신안군청

미리 만나보는 '지자체 명품 자전거길'

전국에 보석처럼 박힌 지자체 명품 자전거길은 저마다의 다채로운 매력을 뽐낸다. 몇 군데를 맛보기로 살펴보자.

① 강릉 경포호 산소길

거울처럼 맑은 경포호와 동해의 푸른 바다를 나란히 두고 달리는 환상의 생태 탐방로다. 솔향 가득한 숲길과 탁 트인 바다 풍경이 어우러져 라이딩 내내 감탄을 자아낸다.

② 경주 역사탐방 자전거길

신라 천년의 숨결이 깃든 길입니다. 불국사, 석굴암 등 유네스코 세계문화유산은 물론, 고분과 옛 성터를 지나며 마치 시간 여행을 떠나는 듯한 특별한 경험을 할 수 있다.

③ 옥천 향수 100리길

'향수'의 시인 정지용의 고향을 지나는 서정적인 풍경의 자전거길이다. 대청호의 잔잔한 물결과 시골 마을의 정겨운 풍경이 어우러져 마음의 평온을 선사한다.

④ 신안 증도 자전거길

국내 최초 슬로시티로 지정된 증도 전체가 하나의 거대한 자전거길이다. 광활한 태평양전과 해당화 붉게 피는 해변길을 달리며 느림의 미학을 만끽할 수 있다.

위에 소개된 곳들 외에도 호남평야를 가로지르는 정읍 정읍천 자전거길, 제주 바다의 모든 것을 품은 제주 해맞이해안로 등 전국 각지에서 독특한 매력을 지닌 명품 자전거길이 있다. 도로교통 저널은 다음 호부터 각 명품 자전거길의 상세한 코스 정보, 주변 관광 명소, 맛집 정보 등을 담아 생생하게 소개할 예정이다. 독자 여러분의 많은 관심과 기대를 부탁드립니다.

도로포장 위의 지속가능성, 어떻게 만들어갈까?

제1편 우리가 몰랐던 도로포장의 진실

이호정 | 한국도로협회 교육홍보실 차장



서론

도로는 우리 사회의 순환을 책임지는 생명선이다. 하지만 우리가 매일 이용하는 도로포장이 환경과 기후, 사회에 미치는 영향을 자주 간과한다. 도로포장은 막대한 자원과 에너지를 소모하고 환경 문제를 일으키며, 우리의 세금과 삶의 질에도 직결되는 종합적인 인프라 자원이다. 최근 전 세계적으로 지속가능한 도로포장에 대한 관심이 높아지고 있는데, 이는 단순히 친환경 재료를 쓰는 것을 넘어 도로의 전 생애주기에 걸쳐 환경적, 경제적, 사회적 영향을 최소화하려는 움직임이다. 이 글에서는 도로포장이 어떤 문제를 일으키는지, 지속가능한 도로포장이 무엇인지 살펴보고, 유럽과 미국, 일본 등 해외의 정책 및 기술 현황을 한국과 비교하며 생각해보고자 한다. 이 글이 '우리가 정말 원하는 도로는 무엇인가?'라는 질문을 함께 고민해보는 시작점이 되기를 바란다.

도로포장이 환경과 기후에 미치는 문제

오늘날 도시의 여름은 점점 뜨거워지고 있다. 그 주요 원인 중 하나로 도시를 덮고 있는 검은 아스팔트 콘크리트 포장지 지목된다. 태양 아래 달궈진 아스팔트 도로 표면 온도는 대기 온도보다 훨씬 높다. 한 연구에 따르면, 기온이 38℃일 때 아스팔트 표면 온도는 65℃ 이상으로 올라가, 같은 조건에서 잔디 표면 온도가 40℃ 안팎인 것과는 큰 차이를 보인다. 또한, 미국 환경보호청(EPA)에 따르면, 인구 100만 명 이상의 도시에서는 도로, 건물 등 불투수 면적이 많아 연평균 기온이 주변 지역보다 1~3℃ 더 높을 수 있으며, 이러한 기온 차이는 지방 지역 대비 최대 12℃까지 높아질 수 있다. 이렇게 도로포장이 흡수한 열은 주변 공기를 가열하여 도시 전체를 뜨겁게 만들고(열섬현상) 폭염 시 인명피해를 가중시킨다. 연구에 따르면, 아스팔트나 시멘트 콘크리트와 같은 도로포장 재료는 태양 에너지의 80~95%를 흡수하여 열로 방출하는데, 이는 도로가 도시 기온 상승과 에너지 소비 증가(에어컨 사용 등)의 주요 원인이 될 수 있음을 의미한다. 선진 도시들은 이러한 문제를 인식하고 도로에 차열성 포장을 시험 적용하는 등 열섬현상 완화를 위한 노력을 시작하고 있다.

또한, 도로포장은 온실가스 배출 및 대기오염 측면에서도 간과할 수 없는 영향을 준다. 일반적으로 우리는 자동차 배기가스만을 교통 부문 온실가스의 원인으로 생각하지만, 도로 시설물 자체를 시공하고 유지보수하는 과정에서도 상당한 탄소 발자국을 남긴다. 최근 미국 NAPA 보고서에서는 아스팔트 포장을 위해 원료 채취부터 생산 공장까지의 과정 중 1톤의 혼합물을 생산하는 데 약 53.7kg의 이산화탄소(CO₂)를 배출한다고 밝혔다. 이는 도로 건설에 수십만 톤의 아스팔트가 쓰이는 현실을 감안하면 결코 작은 양이 아니라고 판단된다. 시멘트 콘크리트 포장도 예외는 아니다. 시멘트 생산은 높은 에너지 소비와 CO₂ 배출을 수반하며, 도로 포장을 유지보수하기 위해 공사를 반복할수록 추가적인 자원 투입과 배출이 발생한다.

도로포장은 대기질에도 영향을 준다. 차량 주행 시 도로 위를 달리며 발생하는 재비산먼지(도로에 쌓인 먼지가 차량 이동으로 날

려 올라가는 미세먼지)가 그중 하나이다. 환경부 조사에 따르면, 도로에서 발생하는 비산먼지가 전체 미세먼지(PM10) 배출량의 약 18%를 차지할 정도로 비중이 높다. 타이어와 브레이크 마모 가루, 노후 아스팔트 콘크리트 포장에서 떨어져 나온 입자 등이 도로에 쌓였다가 차량 통행으로 날리는 이 도로 재비산먼지에는 중금속 등 유해물질도 포함되어 있어 도심 대기오염과 주민 건강에 악영향을 준다. 따라서 도로포장은 직간접적으로 미세먼지와 대기오염의 원인이기도 하다. 이처럼 도로포장이 환경과 기후에 미치는 영향은 기온 상승, 온실가스 배출, 대기 오염 등 다양하게 존재하며, 지속가능성을 논의할 때 간과할 수 없는 문제들이다.

도로포장의 비용과 경제적 문제

도로포장은 막대한 경제적 비용을 수반한다. 건설 초기 비용도 막대하지만, 완공 이후 유지관리에 들어가는 비용 또한 만만치 않다. 일반적으로 아스팔트 콘크리트 포장은 10년 안팎 주기로 덧씌우거나 재포장이 필요하며, 시멘트 콘크리트 포장도 아스팔트 콘크리트 포장에 비해 덜하지만 시간이 경과함에 따라 보수가 요구된다. 문제는 도로관리에 대한 계획이 미흡할 경우, 장기적으로 더 많은 비용이 들 수 있다는 점이다. 이에 따라, 우리나라는 도로포장관리시스템(PMS) 도입을 통해 예방적 유지보수로 도로의 수명을 연장하고 유지보수 비용을 절감하고 있다.

또한, 초기 건설 비용 절감을 위해 장기 내구성을 확보하지 못하면 잦은 유지보수가 필요하게 된다. 도로 유지보수 공사는 교통 정체를 유발하여 사회적 비용을 증가시키고, 잦은 공사는 도로 이용자의 불편과 물류 지연 등 경제활동 전반에 손실을 초래한다. 반대로 성능이 우수하고 장기 내구성을 확보한 포장을 채택하면, 비록 초기비용이 다소 높더라도 장기적으로 유지보수 간격이 늘어나고 도로 수명이 연장되어 결과적으로 경제성을 확보할 수 있다.

이를 평가하는 기법이 전생애주기 비용 분석(LCCA)인데, 초기비용뿐 아니라 전체적인 유지보수 비용까지 고려하여 최적의 대안을 찾는 방법이다. 지속가능한 도로포장은 이러한 장기적 경제성을 추구한다. 실제로 다수의 국가에서 도로 사업의 대안을 평가할



때 LCCA를 활용하여 수명 주기당 최적의 비용을 찾고, 저가의 재료 활용으로 인한 조기 파손을 배제하려고 노력한다.

한편, 도로포장의 재활용은 경제적 이점과 직결된다. 폐아스팔트를 폐기하지 않고 다시 사용하면 자재 비용은 최소화할 수 있기 때문이다. 미국 아스팔트 포장협회(NAPA) 조사에 따르면, 2021년 미국에서 재생 아스팔트 혼합물에 사용된 재생골재 및 폐아스팔트(RAP)는 9,460만 톤에 달하며, 이를 통해 2,600만 배럴의 아스팔트 바인더와 8,900만 톤의 신재 골재 채굴을 대체하고 6,200만 yd³의 매립지도 확보했다고 한다. 이처럼 도로포장의 경제적 지속가능성은 단순히 예산 절감이 아니라 자원의 효율적인 사용, 인명·재산의 피해 감소 등을 모두 포함하는 개념이다.

지속가능한 도로포장의 개념과 세 가지 요소

그렇다면 지속가능한 도로포장이란 무엇일까? 일반적으로 지속가능성은 환경(Environment), 경제(Economy), 사회(Social) 이 세 가지 축의 균형을 말한다. 도로포장의 세계에서 이 개념이 통용되며, 도로의 계획-설계-시공-유지관리-폐기에 이르는 전 과정에서 환경적 영향을 최소화하고, 경제적으로 효율적이며, 사회에 유익한 도로를 구현하는 것이 목표이다. 미국 연방도로청(FHWA)은 지속가능한 포장을 “의사결정 과정에서 핵심적인 환경·사회·경제 요인을 종합적으로 고려하는 것”이라고 정의한다.

지속가능성	내용
환경적	- 설명: 환경에 미치는 부정적 영향을 줄이고, 친환경 기여 - 핵심 요소: 온실가스 감축(저탄소 공법, 재생자재 활용 등), 자원 순환(재료 재활용과 재사용 극대화), 오염 저감(비산먼지 억제, 수질오염 방지) 등 - 목표: 도로포장이 기후변화 대응의 한 부분으로 기여하고 주변 환경과 생태계에 미치는 부정 효과를 최소화
경제적	- 설명: 도로의 전 생애주기에 걸친 비용 효율성 추구 - 핵심 요소: 시공 시의 초기비용 뿐 아니라, 전 생애주기 비용과 사용자 비용(통행 지연에 따른 경제 손실 등)까지 고려 - 목표: 한정된 재정으로 더 나은 도로 서비스를 더 오래 제공
사회적	- 설명: 사람들의 삶과 안전에 직접 영향 고려 - 핵심 요소: 안전하고 쾌적한 주행환경, 소음 감소, 침수 예방 및 보행자 친화성 등 - 목표: 도로가 사람 중심으로 설계·관리 되어, 모두에게 이익이 돌아가도록 하는 것

이 세 가지 요소는 조화와 균형이 중요하다. 환경적 지속가능성만 강조하여 고비용의 친환경 자재를 사용한다면, 경제적·사회적 지속가능성이 문제가 될 수 있고, 반대로 초기 건설 비용을 절감하려다 환경오염과 잦은 유지보수로 인해 결과적인 문제를 야기할 수도 있다. 도로포장의 성능(내구성과 품질)은 이 세 축을 받쳐주는 기반이라고 할 수 있다.

국외 지속가능한 도로포장 전략: 미국, 유럽, 일본

지속가능한 도로포장을 구현하기 위해 해외에서는 어떤 기술과 정책을 활용하고 있을까? 미국, 유럽, 일본의 사례를 살펴보면 각기 강조점은 다르지만 공통적으로 환경부하 저감과 성능 향상을 동시에 추구한다는 점에서 일맥상통한다.

① 미국

미국은 도로포장 분야에서 재활용과 중온 아스팔트 기술의 활용에 적극적이다. 미국 아스팔트 업계는 폐아스팔트를 “미국에서 가장 많이 재활용되는 자원”이라고 할 정도로 철저히 재활용하고 있다. 2021년 기준으로 미국에서는 회수된 폐아스팔트의 95% 이상을 신설 포장에 재활용하고 있으며, 혼합물에 투입되는 RAP 비율이 평균 22%에 달한다. 이를 통해 CO₂ 배출을 연간 260만 톤 줄였고, 막대한 원재료를 절약하였다. 또한 2022년 기준 전체 아스팔트 생산의 약 40%를 중온 아스팔트(WMA)를 활용하여 생산함으로써 연료 사용을 줄이고 배출가스를 감축하였다. NAPA 보고서에 따르면 2022년 WMA 사용으로 온실가스가 4만 대의 차량 배출 분만큼 감소했다고 한다. 이처럼 기술적 혁신과 산업의 자발적 노력이 결합되어, 미국은 도로 포장 부문의 지속가능성을 개선 중이다. 더불어 연방 및 주 정부 차원에서 환경성적표지(EPD) 제출 의무화와 같은 저탄소 입찰 기준을 도입하려는 움직임도 있어, 향후 도로공사 입찰에서 탄소배출량도 중요한 평가 요소가 될 전망이다.

② 유럽

유럽은 정책과 제도를 통해 도로포장의 지속가능성을 선도하고 있다. EU 차원에서 녹색 공공조달(GPP) 기준을 마련하여 도로 건설에 재활용 자재 활용, 에너지 절감, 저탄소 소재 사용 등을 권장하고 있으며, 일부 국가나 도시에서는 입찰 평가 시 환경 기준

을 반영하여 단순 최저가 대신 품질과 환경 가치를 종합 고려하는 방식을 채택하고 있다. 유럽의 아스팔트 생산업계 통계를 보면, 회수된 폐아스팔트의 76%가량은 새 아스팔트에 재사용되고 나머지도 대부분 기층재 등으로 활용되어 매립되는 비율은 4% 미만에 불과하다. 특히 네덜란드, 독일 등은 고품질 재활용 기술로 유명하며, 일부에서는 100% 재생 아스팔트 포장 실험도 이뤄지고 있다. 또한 저소음, 배수성 포장을 통해 사회적 지속가능성(소음 저감과 안전성)을 향상시키고, 태양광 발전 도로나 친환경 포장 인증제 도입 등 혁신을 추구하는 사례도 있다. 유럽은 “인프라의 녹색전환”을 가치로 2050 탄소중립을 향해 가고 있으며, 도로포장 분야 역시 그 일환으로 저탄소 소재 개발, 시공 기술 개선, 수명 연장 등에 대한 연구와 투자가 활발하다.

③ 일본

일본은 품질과 기술력으로 지속가능한 도로포장을 구현해 온 나라이다. 일본의 도로포장 업계는 이미 2000년대 초반부터 폐아스팔트 재생 기술을 정착시켜, 현재는 대부분의 현장에서 재생 아스콘 혼합물의 평균 RAP 함유율이 47%에 달하고, 회수된 폐아스팔트의 99% 이상을 재활용할 수준의 순환체계를 구축했다. 또한, 재생 시 잔류 바인더를 연화시키는 재생 첨가제와 이중 가열 드럼 혼합기법 등 독자적 기술로 고함량 RAP 혼합물에서도 성능을 확보했다. 환경 측면에서 배수성·투수성 포장(우천 시 물고임 방지 및 도시 홍수 완화)과 차열성 포장(표면에 특수 반사재나 보습층을 넣어 열 흡수 억제)을 개발하여, 도로로 인한 열섬과 침수 문제를 줄이고자 노력하고 있다.



우리가 원하는 도로는 무엇인가?

지속가능한 도로포장은 거창한 구호가 아니라, 미래 세대를 위해 지금 우리가 선택해야 할 현실적인 과제이다. 눈앞의 비용을 아끼는 도로포장이 결국 환경오염과 잦은 보수로 더 큰 비용을 초래한다면, 그 부담은 결국 국민과 미래 세대가 감당하게 될 것이다. 반면, 조금 더 준비하고 고민해서 만든 지속가능한 도로포장은 단지 도로 그 자체를 넘어서, 경제적 절감과 환경 보호, 그리고 사회적 편익이라는 세 마리 토끼를 잡는 지혜로운 선택이 될 수 있을 것이다. 햇살을 반사해 도시 열섬을 줄이고, 버려질 자원을 되살려 다시 달리게 하며, 소음을 줄이며 안전을 확보하고 모두가 편안하게 오갈 수 있는 길. 그런 도로는 우리 모두의 삶을 조용히, 그러나 분명하게 이롭게 만들 것이다. 그렇다면 우리는 왜 그런 도로를 선택하지 않겠는가? 🇫🇷

참고문헌

- STRATEGIES FOR IMPROVING SUSTAINABILITY OF ASPHALT PAVEMENTS(2016)
- High RAP Asphalt Pavements: Japan Practice — Lessons Learned(2015)
- 재활용 아스팔트 현황 및 적용(2018)

미래도로 전문가 양성을 위한 2025년도 제1차 교육세미나 개최



한국도로협회는 지난 5월 21일(수) 스페이스췌어 서울역센터에서 '미래도로 전문가 양성을 위한 2025년도 제1차 교육세미나'를 성황리에 마쳤다. 이번 교육은 최신 도로정책 설계 및 시공지침을 주제로 도로 분야 전문가와 실무자들이 모인

가운데, ▲아스팔트 콘크리트 포장 시공지침 개정사항 ▲도로 비탈면 녹화공사 설계·시공지침 개정사항 ▲시가 가져올 도로교통의 변화 등의 교육과 질의응답이 진행됐다. 참석자들은 최신 기술과 정책 동향에 대한 정보를 공유하며, 실무에 즉시 적용할 수 있는 실질적인 노하우를 얻었다는 긍정적인 평가를 내렸다.

한국도로협회 최희철 상근부회장은 "올해에는 도로직무 공무원과 관련 실무자 모두를 대상으로 하는 시범교육을 실시하고, 내년부터는 '도로직무 공무원 대상 위탁교육 사업'과 민간 대상 '국가인적자원개발 컨소시엄 사업'도 본격 준비할 계획"이라고 밝혔으며, "공공·민간 대상 맞춤형 교육체계를 미래 도로산업을 이끌 인재 양성에 한국도로협회와 함께 해주시기를 당부드린다."고 덧붙였다.

파키스탄 도로분야 전문가 대상 초청연수 진행



한국도로협회는 지난 4월 20일부터 26일까지 7일간 파키스탄 도로 분야 전문가와 아시아개발은행(ADB) 관계자를 대상으로 초청 연수를 성공적으로 마쳤다. 이번 연수는 한국건설기술연구원(KICT)이 수행하는 ADB의 'TA09975 PAK: Pre-

paring Transport Project' 사업의 일환으로, 우리나라의 우수한 도로 포장 및 도로안전 기술을 전수하기 위해 마련됐다.

연수단은 이론 교육을 통해 교통안전 및 아스팔트 포장 기술 등을 배웠으며, 인성 A&T, 김포-파주 TBM 건설현장, SOC 실증연구센터, 서울 TOPIS, 도로교통연구원 포장가속시험동 등 주요 산업 현장을 방문해 우리나라의 기술력을 직접 체험했다. 또한 워크숍과 문화 탐방을 통해 양국 간 기술 교류를 확대하고 우호를 증진하는 계기를 마련했다.

최희철 상근부회장은 "연수에 참여한 파키스탄 전문가들의 높은 학구열과 관심에 깊은 인상을 받았다"며 "앞으로도 도로 기술 분야의 국제 교류를 적극적으로 지원하며 파트너십을 확장해 나갈 것"이라고 덧붙였다.

한국도로협회, 서울시설공단과 '업무협약' 체결



한국도로협회(최희철 상근부회장)와 서울시설공단(한국영 이사장)은 지난 5월 13일 '노후 도로 인프라의 효율적 유지관리 및 건설기술 향상'을 위한 업무협약을 체결했다.

이번 협약은 노후 도로 인프라 문제의 공동대응을 위한 연구개발과 실용화 촉진, 기술정책 환류 및 건설 혁신기술 지원 등 상호 협력관계를 구축하는 데 있다. 업무 협약을 통해 양 기관의 기술력과 전문성, 실증 역량이 결합된다면 노후 도로 인프라 문제 해결 뿐만 아니라 미래형 도로 유지관리 체계의 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 최희철 상근부회장은 "노후 도로 인프라의 급속한 증가와 기후변화 등으로 인해 도로 안전과 유지관리의 중요성이 날로 커지고 있다"면서, "양 기관의 협력을 통한 성과가 서울을 넘어 전국의 도로 관리기관으로 확산되기를 기대한다"고 밝혔다.

인도네시아 도로건설 관계자 초청연수 진행



한국도로협회는 지난달 5월 19일부터 24일까지 5일간 인도네시아 공공사업부 도로교량엔지니어링 개발과 팀장 포함 10명을 대상으로 '인도네시아 디지털·그린 도로건설 기반 구축 사업'의 일환인 2차년도 초청연수를 성공적으로 완료했다. 해당 사업은 인도네시아 내 디지털 도로 포장품질관리시스템(PQMS) 적용을 통한 도로 포장 품질향상과 더불어 그린 도로 포장 기술 적용을 통

한 인도네시아 도로 포장분야 녹색전환 기반 마련을 위해 2023년 9월부터 한국건설기술연구원 주관으로 한국도로협회, 에이티맥스, 대신 플랜트산업이 함께 컨소시엄을 구성하여 사업을 진행 중이다.

이번 연수는 ▲이동식 실험실 소개 및 활용 방안 ▲도로관리와 유지보수 공법 ▲서울시 도로포장품질관리시스템 등 강의와 이동식 실험실, 한국화학융합시험연구원, 윤성산업개발 아스콘 플랜트 등 현장 중심 프로그램을 포함함으로써 이론과 실무의 균형을 갖춘 연수로 호평을 받았다. 한국도로협회 최희철 부회장은 "연수를 통해 참가자들이 한국의 도로포장 기술과 유지관리 기법에 대한 이해를 심화할 수 있었기를 기대하며, 향후 인도네시아와의 지속적인 협력과 기술교류를 통해 양국 간 네트워크를 더욱 공고히 해나갈 계획"이라고 말했다.

한국교통연구원과 도로교통 발전을 위한 업무협약 체결



한국도로협회(최희철 상근부회장)와 한국교통연구원(조한선 본부장)은 6월 12일 '도로교통분야 발전과 활성화'를 위한 업무협약을 체결하였다.

이번 협약은 급변하는 도로교통 환경에 선제적으로 대응하고, 정책의 실효성 강화와 기술협력 확대 등 도로교통 분야의 발전을 위해 양 기관 간 상호 협력관계를 구

축하는 데 있다. 협약 주요 내용은 ▲도로·교통분야 기술 공동 연구 및 기술력 공유 ▲정책 발굴 및 제도 개선 협력 ▲국제기구 및 단체와의 공동 협력 ▲양 기관의 협력을 위한 공동 회의 및 행사, 교육 추진 등을 포함하고 있다. 업무 협약을 통해 양 기관의 기술력과 전문성, 실증 역량이 결합된다면 국내·외 도로교통정책과 기술 변화에 능동적으로 대응하고, 정책과 기술을 연결하는 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

최희철 한국도로협회 부회장은 "도로교통의 안전성과 지속가능성 확보를 위해 정책과 기술이 현장에서 실질적으로 작동해야 하는 시점"이라며, "양 기관의 협력을 통해 양 기관의 전문성과 경험이 결합되어 도로교통 분야의 정책 실현과 제도개선, 국제협력까지 연결되는 가시적인 성과로 이어지기를 기대한다"고 밝혔다.

미래도로 전문가 양성을 위한 2025년도 제2차 교육세미나 개최



한국도로협회는 지난 6월 13일(금) 스페이스췌어 서울역센터에서 열린 '2025년도 제2차 교육세미나'를 성공적으로 개최했다. '스마트 도로유지관리 기술'을 주제로 열린 이번 교육에서는 관련 분야 전문가 및 실무자, 도로관리 담당 공무원 등 50여 명이 참석하여 뜨거운 호응 속에 마무리되었다. 이번 세미나에서

는 미래 도로 환경을 선도할 핵심 기술들이 심도 있게 다뤄졌다. 주요 프로그램으로는 ▲도로 유지관리의 새로운 패러다임 제시 ▲시 기반 분석기술을 활용한 도로포장 및 지반 공동조사 기법 소개 ▲빅데이터 기반의 과학적인 도로 유지관리 기술 및 적용 사례 등이 발표되어 참석자들의 높은 관심을 받았다. 특히, 각 강의마다 최신 기술 동향과 현장 적용 노하우를 공유하고, 참석자들과의 질의응답을 통해 실무 정보를 교류하는 뜻깊은 시간을 가졌다.

한국도로협회 최희철 상근부회장은 "이번 세미나가 빠르게 발전하는 스마트 유지관리 기술에 대한 이해를 높이고, 실무자들이 현장에서 마주하는 문제 해결에 도움이 되었기를 바란다"며, "앞으로도 미래 도로 전문가 양성을 위한 양질의 교육 프로그램을 지속적으로 기획하여 국내 도로기술 발전에 기여하겠다"고 밝혔다.



한국블록협회장
김인태
명지대 교수

한국블록협회장

김인태 명지대 교수를 만나다

한국블록협회 김인태 회장은 도로교통 분야에서 30여 년 경력을 자랑하는 전문가다. 명지대학교 스마트인프라공학부 교수로 재직 중인 그는 실무 현장에서 다져진 단단한 열정과 학자로서의 온화한 미소를 함께 지닌 모습이었다. 이번 179호 인터뷰에서는 블록포장 기술 발전에 앞장서고 있는 김인태 교수를 만나 한국블록협회의 이야기부터 블록포장 산업의 미래, 한국도로협회와의 협력, 그리고 후배 도로인들에게 전하는 조언까지 들어보았다.

“블록포장은 단순한 포장재가 아닌,
지속가능한 도시를 위한 필수 인프라”

“블록포장이 도로설계의 선택지가 아닌
새로운 표준으로 자리 잡을 것”

한국블록협회의 설립과 성과

인터뷰 초반, 김인태 교수에게 먼저 한국블록협회의 시작에 대해 물었다. 그는 협회 창립 당시를 떠올리며 담담히 이야기를 시작했다. 2016년 2월, 블록포장 기술의 가능성을 믿는 교수, 연구원, 블록 제조사 등 관련 전문가들이 모여 한국블록협회가 출범했다. 도로포장에 블록을 활용하는 ‘차도 블록포장’이라는 신시장 개척이 한국블록협회 설립의 목표였다. 김인태 교수는 “초창기에는 블록포장을 도로에 직접 적용하는 것에 대해 회의적인 시선도 많았습니다. 과거 품질이나 시공 문제를 겪었던 기억 때문이죠.”라며 당시를 회고한다. 하지만 한국블록협회는 이러한 우려를 해소하기 위해 가이드라인을 마련하고 수차례 시험시공을 거듭했다.

그 노력의 결실은 2017년 세종시 조치원읍 중앙로에서 빛을 발했다. 한국블록협회는 세종시와 함께 조치원 구도심의 왕복 4차로 390m 구간 아스팔트를 걷어내고 블록포장으로 전면 교체하는 프로젝트를 자문하고 지원했다. 이는 국내 최초로 차도 블록포장을 시범 적용한 성공 사례로 꼽힌다. 김인태 교수는 “설계, 시공, 사후관리 까지 우리 블록협회 회원사인 대일텍이 참여하면서 블록

포장의 내구성과 안전성을 현장에서 입증할 수 있었어요. 우려와 달리 포트홀이나 파손 없이 차량 하중을 견디는 모습을 보고 많은 이들이 놀랐습니다.”라고 회상했다. 조치원의 차도용 블록포장 시공 이후 분위기는 달라졌다. 부천, 서울 가락동 등 여러 지역에서도 블록포장을 적용한 도로가 등장하기 시작했다.



김인태 회장이 한국블록협회 정기총회에서 인사말씀을 하고 있는 장면

블록포장 산업의 현황과 미래 전망

블록포장 산업의 현재 위상과 기술 트렌드에 대해 묻자, 김인태 교수는 밝은 표정으로 산업의 성장세를 설명했다. “블록포장 시장은 도시화와 친환경 바람을 타고 꾸준히 확대되고 있습니다. 공원이나 보도뿐만 아니라 주차장, 그리고 일부 도로 구간까지 활용 범위가 넓어졌어요.” 실제로 국내에서는 주로 인도나 광장에 쓰이던 블록포장이 점차 다양해진 용도로 채택되고 있다. 조경이 아름다운 보도블록부터, 대형 화물차도 견딜 수 있는 산업용 블록포장까지 제품군도 다변화되는 추세다.

김인태 교수는 블록포장의 강점을 두 가지 측면에서 설명했다. 첫째, 교통안전 효과이다. 도로에 블록포장을 하면 운전자가 그 표면 질감을 인지하는 것뿐만 아니라 미끄럼 저항성도 높아 주행속도를 약 20% 줄이는 효과가 있다. 이러한 특성 덕분에 보행자가 많은 스쿨존이나 주택가 이면 도로에서 블록포장은 자체적인 교통정온화 장치로 주목받고 있다. 둘째, 친환경 도시환경 조성 측면에서의 이점이다. 블록포장은 단순히 교통정온화 장치를 위한 기술뿐만 아니라 기후변화 시대에 물이 순환하는 도시를 위한 해법이 될 수 있다. 특히, 블록포장은 도심의 물 순환을 돕고, 폭우 시 빗물 배수가 원활해 침수 피해를 줄여준다는 것이 그의 설명이다. 이와 함께 블록포장 도로의 여름철 노면온도가 아스팔트 대비 7℃ 이상 낮아져 도시 열섬 현상 완화에 효과가 있고, 재비산먼지 발생도 줄여 대기환경 개선에 도움을 준다.

한국블록협회장으로서 업계 활성화를 위해 최선을 다할 것

현재 블록포장 업계는 도로 미세먼지 저감 기술, 친환경 도로포장재 개발, CO₂배출량 저감형 도로시공 등 수요 증가와 기술 발전에 발맞춰 빠르게 성장하고 있다. 과거에 비해 대형화된 블록, 내구성 강화 블록, 고투수 블록 등 신제품이 속속 개발되어 현장에 투입되고 있으며, 시공 기술도 기계화·표준화되면서 경제성도 개선되고 있다. 블록 제조업체들은 ‘블록포장이야말로 기후변화 대응에 최적’이라고 자신할 정도로 기술적 자신감을 보이고 있고, 지자체들도 미세먼지 저감과 폭염 대응을 위해 블록포장 도입을 적극 검토하고 있다. 한편, 여름철 기록적인 폭우로 서울 강남 등 도심 침수피해가 잇따르면서, 블록포장 전문가들은 “침수 취약 지역에 투수포장 의무화가 시급하다”는 주장을 내놓기도 했다. 이는 블록포장 산업에는 또 다른 기회이자 도전으로 여겨진다.

김인태 교수는 현재의 블록포장 추세에 대해 이렇게 전망한다. “앞으로 입증된 데이터가 축적된다면, 블록포장은 도로포장의 새로운 표준이 될 것이라 확신합니다.” 김인태 교수는 여전히 현장의 목소리에 귀 기울이며 투수블록 포장 구조의 내구성 평가와 설계 최적화 연구를 진행하며, 블록포장이 장기적으로 안전하고 경제적인 인프라로 자리매김할 수 있도록 근거를 축적하고 있다. 이렇듯 산·학·연이 함께 만들어가는 블록포장 산업의 내일은 밝다.

현장에서 시작된 질문, 연구로 답하다

명지대학교 교수로 부임한 뒤 2007년 3월에는 ‘도로 연구실’을 개설하여 젊은 연구자들과 함께 본격적으로 도로포장 연구에 매진했다. 그는 현장의 고민을 연구실의 연구 주제로 삼고, 연구실의 해법을 다시 현장에 적용하는 선순환을 구축하고 있다. 도로 연구실은 개설 초기부터 도로포장 재료, 설계, 유지관리 등 폭넓은 분야에서 프로젝트를 수행했는데, 이는 모두 김 교수가 현장에서 마주친 실제 문제들이었다. 예를 들어 한겨울 도로 균열의 원인을 찾기 위해 동상방지층 기준 개선 연구를 수행하고, 잦은 포트홀 발생에 대응하기 위해 한국형 포장설계법을 개발하는 국가 연구에 참여했다. 또한 예산 절감을 위해 유지보수 공사비 산정 기준을 손본다든지, 자전거도로 확산에 맞춰 자전거도로 포장 계획 수립 연구를 하는 등 도로 현장의 변화에 발맞춘 연구를 이어왔다.



블록포장 산업이 직면한 도전 과제

김인태 교수는 블록포장 산업이 직면한 도전 과제도 솔직하게 짚었다. 첫째는 경제성이다. 블록포장은 초기 재료비와 시공비가 아스팔트 등에 비해 높은 편이다. 게다가 환경 기준이 강화되면서 친환경 자재를 쓰는 데 비용 부담이 커지고 있다. 실제로 원자재 가격 상승과 엄격해진 환경 규제가 기업들에 부담이 되고 있다. 둘째는 경쟁 심화다. 시장이 성장하면서 국내 업체 간 경쟁은 물론 해외 제품과의 경쟁도 치열해지고 있다. 품질과 가격 모두 잡기 위해 끊임없는 기술 혁신이 필요하다는 게 그의 지적이다. 이러한 현안 해결을 위해 김 교수는 여러 정책 제언도 내놓았다. “친환경 블록은 초기 비용이 문제라면 정부나 지자체가 시범사업을 통해 물량을 늘려주면 좋겠습니다. 규모가 커지면 단가가 내려가니까요.” 그는 공공부문에서 친환경 블록포장을 적극 채택해 규모의 경제를 이끌어낼 필요가 있다고 말했다. 또한 전문가 양성을 위해 국가 공인 블록포장 시공 전문 자격제나 교육 이수 프로그램 도입도 제안했다. “시공 품질은 사람 손에 달린 일입니다. 체계적인 교육과 숙련공 우대 풍토가 마련돼야 해요”라는 그의 조언이다. 아울러 블록포장의 우수성에 대한 인식을 높이기 위해, “성능과 경제성이 입증된 사례를 많이 만들어야 합니다. 그래야 정책 입안자들도 블록포장을 믿고 도입하죠”라고 덧붙였다. 그는 문제 제기에 그치지 않고 해결책까지 고민하는 산업의 대변인 역할을 톡톡히 하고 있었다.



한국도로협회와 함께 여는 블록포장의 미래

김인태 교수는 블록포장 기술의 확산을 위해 한국도로협회와의 협력을 특히 강조한다. “아무리 좋은 기술도 도로분야 전체 흐름과 따로 가면 실용화되기 어렵다”며 양 협회의 협업의 중요성을 언급했다. 그는 블록포장의 미래를 위해 지난 2월 21일 한국도로협회와 손잡고 정책연구, 기술기준 마련, 홍보, 인재양성 등을 위해 업무협약을 체결했다. 한국도로협회에서도 친환경, 사람중심의 도로 인프라 구축에 대한 관심이 높아지면서, 블록포장은 한국도로협회의 연구 과제, 뉴스레터, 저널 등에서 종종 다뤄지는 주제가 되었다. 실제로 한국도로협회 소식지인 도로교통 저널에는 블록포장의 효과와 필요성을 다룬 기사들이 게재되고, 한국도로협회 내 기술연구센터에서도 관련 연구를 진행하는 등 제도권 편입을 위한 움직임이 일고 있다. 무엇보다 중요한 것은 표준화와 제도 마련이다.

김인태 교수는 현재 전문가들과 함께 블록포장 설계기준 제정 작업에 참여하여 공식적인 도로설계 옵션으로 인정받는 데 노력하고 있다. 실제로 그는 국토교통부와 지방자치단체, 공공기관의 도로분과 심의 및 자문위원으로 활동하며, 블록포장 활성화를 위한 정책 제언을 꾸준히 이어왔다. 김인태 교수는 “우리 블록협회와 도로협회의 지원과 행정가들의 인식 변화가 맞물리면서, 머지않아 블록포장 표준시대가 열릴 것으로 기대한다”고 전했다. 한국도로협회와 김인태 교수의 동행은 계속될 것이다. 그 길이 결국 사람 중심의 안전하고 친환경적인 도로라는 모두의 목표로 향해 있기 때문이다.



김인태 회장이 도로 재비산먼지 측정장비를 소개하고 있다.

환경을 생각하는 도로 연구

김인태 교수는 도로를 연구하는 전문가일 뿐만 아니라, 우리가 숨 쉬는 환경까지 고려하는 연구를 추진하고 있다. 그의 이러한 면모는 도로 위 미세먼지를 과학적으로 해결하려는 연구에서 잘 드러난다. 자동차가 지나가면서 도로에 쌓여있던 먼지가 다시 공기 중으로 떠오르는 ‘재비산먼지’는 도시의 공기를 오염시키는 원인 중 하나이다. 김인태 교수는 어떤 조건에서 도로의 미세먼지가 심해지는지 파악하기 위해, 교통량이나 차량 속도 같은 교통 정보는 물론, 온도, 습도, 바람 같은 날씨 데이터까지 종합적으로 분석하였다. 마치 일기예보가 날씨를 예측하듯, 이러한 연구는 도로의 미세먼지 농도가 언제 심해질지 미리 예측하는 모델을 만들어 냈다. 김 교수는 “이 예측을 활용하면 미세먼지 저감용 물질을 뿌리거나, 도로 청소차량을 가장 필요한 때에 맞춰 운영하는 등 훨씬 효율적으로 대기 환경을 관리할 수 있다”고 전했다. 이처럼 김 교수는 튼튼하고 안전한 도로를 넘어, 환경까지 생각하는 더 나은 도로를 만들기 위해 연구에 힘쓰고 있다.



한국도로협회 최희철 부회장이 김인태 회장과 인터뷰 후 기념촬영을 하고 있다.

후배 도로인들에게 전하는 이야기

새로운 시도에는 크고 작은 시행착오가 따르기 마련이다. 김인태 교수 역시 블록포장을 처음 도로에 적용할 때 많은 반대와 걱정을 들었다. “혹여 잘못돼서 사고라도 나면 어쩌냐는 말을 참 많이도 들었죠. 하지만 자료와 데이터를 믿고 밀어붙였어요. 결과적으로 잘 되었고, 그제야 모두가 박수를 치더군요.”라며 당시를 회상하며 웃는다. 그는 후배들에게 “충분히 연구하고 대비한 뒤 시도한 실패라면 그 자체로 의미 있는 성과”라고 덧붙인다. 도로처럼 공공 안전과 직결된 분야에서는 완벽을 기해야 하지만, 그렇다고 두려움에 새 기술 개발을 멈춘다면 발전이 없다고 역설한다.

김인태 교수는 “도로교통 분야도 이제 인공지능, 친환경, 융복합기술 등 새로운 물결이 밀려오고 있습니다. 우리 도로인들이 더 창의적으로 도전해주길 바랍니다. 그 길에 우리 블록협회와 도로협회가 함께 성장할 수 있도록 저도 최선을 다할 것”이라고 마지막으로 강조했다.

오랜 현장 경험과 학문의 깊이를 겸비한 그의 이야기는 도로교통 업계에 몸담은 이들뿐 아니라 미래를 준비하는 예비 기술자들에게도 큰 울림과 영감을 주기에 충분했다. 앞으로도 김인태 교수가 들려줄 도로 이야기가 지속될 것이며, 그동안 연구해온 도로포장의 길 위로 더 많은 이들이 함께 걸어갈 것이다. 🇰🇷

김인태 교수는 1969년생으로 서울대학교 토목공학과를 졸업하고 (주)유신을 거쳐 미국 일리노이대학에서 도로포장 분야 박사 학위를 취득했다. 현재 명지대 스마트인프라공학부 정교수로 재직 중이며, 도로 포장기술과 친환경 인프라 연구에 매진하고 있다. 최근에는 한국블록협회 회장으로서 국내 블록포장 기술의 발전과 확산을 주도하고 있다.

2025 고양 아시아·대양주 도로대회

REAAA Conference Goyang 2025

초연결 미래 도로
Future Roads ; Hyper-connection



2025. 10. 26(일) ~ 10. 31(금)

고양 킨텍스(KINTEX) 제2전시장

ROTREX 2025

2025국제도로교통박람회

INTERNATIONAL ROAD & TRAFFIC EXPO

2025.10.28 (화) ~ 10.30 (목) KINTEX

참가업체 모집중

동시개최

2025 고양
아시아·대양주
도로대회



주최·주관 | **KROAD** 한국도로협회 **KINTEX**

문의처 | 한국도로협회 T. 02-3490-1072 F. 02-3490-1019 E. global@reaaakorea2025.org
킨텍스 T. 031-995-8784 E. rotrex@kintex.com