

Journal of
The Korea Road Association

도로교통

2022 | **166**
www.kroad.or.kr

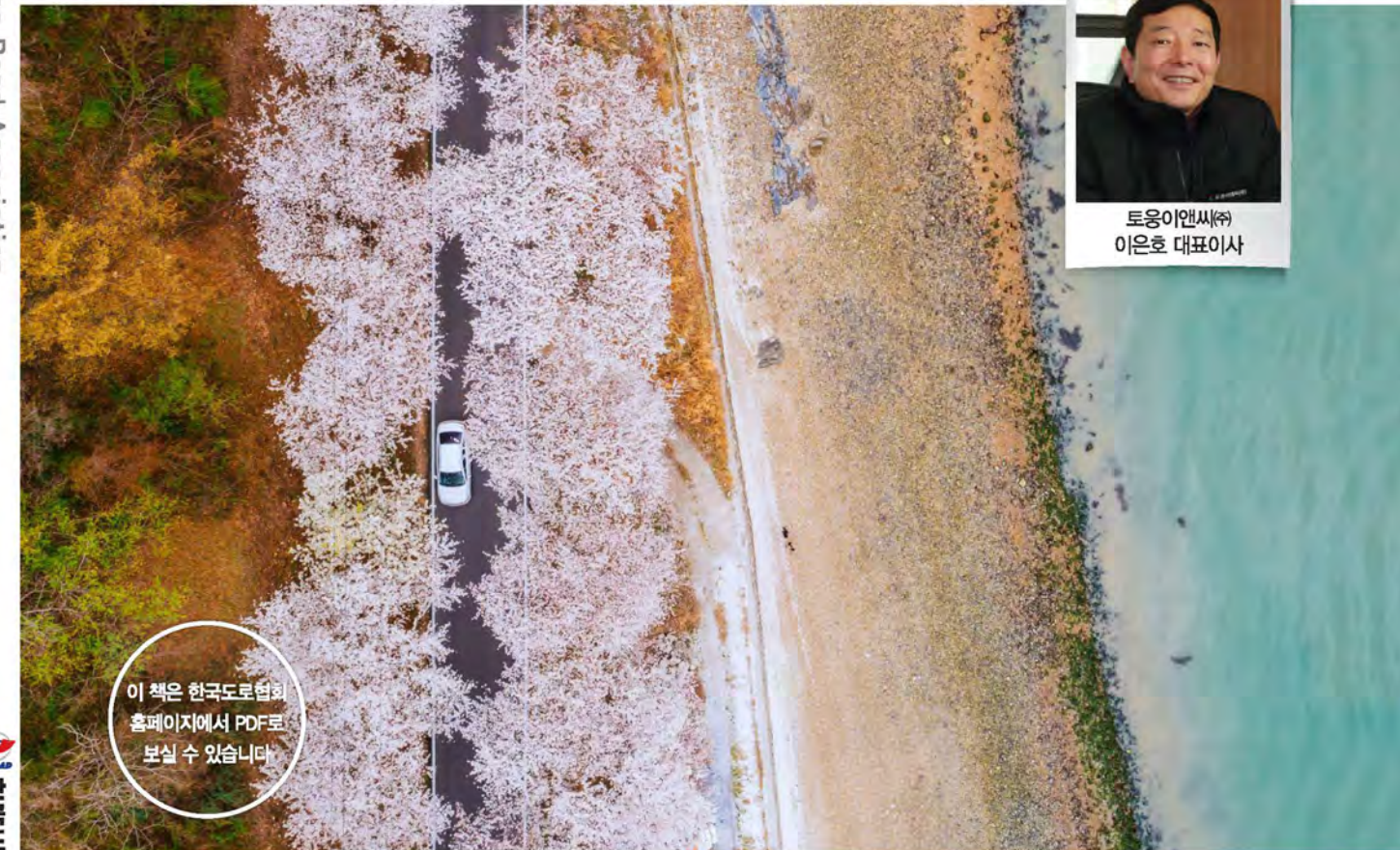
- 인 터 뷰** 경수고속도로㈜ 박종혁 대표이사
토웅이앤씨㈜ 이은호 대표이사
- 기획특집** 탄소중립 시대, 건설산업의 도전과 과제
탄소중립 시대, 탈탄소 도로정책 방향 제안
탄소중립 플러스(+)를 향한 담론, 지속가능한 공공도로 인프라 추진 전략
- 정책과기술** PSC오픈이노베이션 운영성과 및 향후 추진 방향
도로살얼을 발생 가능성 정보 서비스에 도전하다
- 도로에세이** 세상을 잇는 다리 - 뜬 다리 부두
- 도로인사이드** 이지그룹㈜ 면발광조명식 IoT 기반 지능형 도로 교통 표지판 선보여
연내 개통 예정인 아산~천안고속도로!
자전거 도로 정보 1편 (국토중주 자전거길 Intro)
수도권 제2순환고속도로 순환 중심축! 화성~광주고속도로 개통!
DL이앤씨㈜·SK에코플랜트㈜ 세계 최장 현수교로 유럽과 아시아를 잇다!



경수고속도로㈜
박종혁 대표이사



토웅이앤씨㈜
이은호 대표이사



이 책은 한국도로협회
홈페이지에서 PDF로
보실 수 있습니다

도로교통
2022 | 166

Journal of The Korea Road Association

한국도로협회

KROAD 한국도로협회

“세상에 없는 제품만 만든다.”

T (주)태평양



통들이



오리발 차광판



방음벽

통들이

- 회전식 충격흡수 시스템, 세계유일의 원조기업으로 세계 시장의 95%이상 장악

오리발 차광판

- 반영구적인 중분대용 오리발 차광판, 국내최초 차광판 실물 차량충돌시험 통과

방음벽

- 세계 최초 일체형 HDPE 방음벽 생산, 방음벽 직접생산 (분체도장 생산라인 보유)

TMA

트럭탈부착형 충격흡수시설

도로안전시설 설치및 관리지침 2014.021

국내최초 충돌속도

100km/h-TMA3 등급

80km/h-TMA2 등급



자사 제품 모방 근절!
짝퉁이 없는 세상을 만듭시다!

T (주)태평양

[대표번호]

전화 1800 - 6704

email Tpy70@hanmail.net

제설작업 중대재해 ZERO,
최선의 선택!



「중대재해처벌등에관한법률」이 2022. 01. 27. 시행 예정으로, 중대재해 발생시 사업주와 경영 책임자에 대한 처벌이 대폭 강화되었습니다. 이제는 작업자의 안전 및 보건 확보 의무를 위한 사전적 조치가 필수적입니다. 제설작업시 옥외작업자의 안전과 건강을 위한 필수 장비입니다.

Smart & Quick 톤백안전절개기

TS-06 [굴삭기 6W용]
TS-08 [굴삭기 8W용]

* 특허 등록 제품입니다.



빠른 설치

쉽고 빠른 설치 후 지상에서 기계로
안전하게 절개작업

간편한 조작

장비 활용을 통한 옥외작업자의
한랭환경 노출 시간 감소

위험작업 불필요

제설제 직접 절개를 위한 고소
(2m이상)작업 불필요

G-SIGN WAY

세계최초특허 LED 프리패턴반사시트로
도로표지판의 새로운 지평을 엽니다.



1. 높은 경제성

LED 효율을 극대화하는 특허받은
신소재 필름을 사용하여, 공정의
단순화로 이에 따른 자원낭비를 줄여
높은 경제성을 확보합니다.



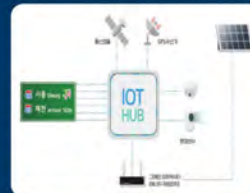
3. 환경 보호

탈부착이 자유로운 모듈 방식으로
기존 표지판의 재활용이 가능하기에
유지 보수 및 폐기물을 줄이는 제로
웨이스트(zero waste)에 동참합니다.



2. 모듈 방식

모듈 방식으로 인하여 기존 표지판을
철거할 필요가 없이 설치가 가능하기에
그에 따른 철거비용 절감, 설치시간 및
교통 통제 시간이 단축됩니다.



4. 지능형 관제시스템

IoT 기반의 스마트 교통안전표지판
시스템을 통해 각종 표지판의 등록, 수정,
장애진단등을 실시간으로 모니터링
가능합니다.

안전을 최우선으로 생각하는 기업 이지그룹



인터뷰

- 경수고속도로㈜ 박종혁 대표이사 06
- 토웅이앤씨㈜ 이은호 대표이사 16



특집

- 1. 탄소중립 시대, 건설산업의 도전과 과제 24
이홍일 연구위원_한국건설산업연구원
- 2. 탄소중립 시대, 탈탄소 도로정책 방향 제안 32
권수안 선임연구위원_한국건설기술연구원
- 3. 탄소중립 플러스(+)를 향한 담론, 지속가능한 공공도로 인프라 추진 전략 38
이규진 연구교수_아주대학교 TOD기반 지속가능 도시교통 연구센터



정책과 기술

- 1. PSC오픈이노베이션 운영성과 및 향후 추진 방향 46
송상영 도로관리본부장, 차범진 기술혁신센터장, 이주현 팀장, 김상아 차장_서울시설공단
- 2. 도로살얼을 발생 가능성 정보 서비스에 도전하다 54
김백조 팀장_국립기상과학원 재해기상연구부 목표관측연구팀



그날의 도로

- 그날, 양화대교가 개통되었다 62

도로에세이

- 1. 뜬 다리 부두 - 이식된 근대, 수탈과 저항의 도시 군산의 탄생 64
- 2. 조선시대의 길(5)_길의 역사 14편 70

도로 인사이드

- 1. 이지그림(주) 세계 최초 특허 'LED 프리패턴 반사시트'로 스마트 도로교통 표지판 선보여 72
- 2. 서해안 산업 벨트 활성화와 중부내륙 연결의 중심! 연내 개통 예정인 아산~천안고속도로! 80
- 3. 자전거 도로 정보 1편 (국토중주 자전거길 Intro) 84
- 4. 수도권 제2순환고속도로 순환 중심축! 화성~광주고속도로 개통! 88
- 5. DL이앤씨(주) · SK에코플랜트(주), 세계 최장 현수교로 유럽과 아시아를 잇다! 92

New Books & Tech

도로미디어

- 98



표지사진 : 남해 벚꽃로드
(제공_한국관광공사) (작 이정훈)

| 통권 제166호 |

계 간 도로교통
발행일 2022년 3월 25일
발행인 김진숙
발행처 한국도로협회
주 소 경기도 성남시 수정구 위례시일로 26, 8층
편 집 류명현, 김희중, 서상원
위 원 노성규, 황훈희, 이정윤, 유동민, 여인수, 최자선, 윤재용, 박진우, 한계령, 배재현, 송이오, 김보성, 홍보나, 이호정, 현진우, 오은미, 류수지, 신지호, 이종민
편 집 박진우
문의처 경영지원실(02-3490-1022)
이메일 pjw@kroad.or.kr
디자인 문화공간(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.

수도권 남부지역 균형발전 첨병, 용인~서울고속도로!

경수고속도로(주)

박종혁 대표이사를 만나다



“고속도로 개통 후 현재까지 재난재해 발생 건수 ZERO, 2021년도 사망사고 ZERO 달성”

“이용객이 만족할 수 있는 민자 고속도로 환경을 조성하기 위해서는

투자자, 정부 관계자 모두가 더욱 전문가적인 노력을 강구해야 할 것”



제166호 인터뷰에서는 경수고속도로 박종혁 대표이사를 만났다. 박종혁 대표는 1993년부터 국민은행, 맥쿼리한국인프라투자회사에서 국내 주요 인프라 투자를 담당하였으며, 지난 2017년 경수고속도로 대표이사로 취임하였다. 박종혁 대표는 인프라 투자 전문가로서 용인~서울고속도로를 총괄하며 수도권 남부지역의 원활한 교통소통과 지역발전을 위해 헌신하고 있으며, 매출액의 상당 부분을 도로 안전시설에 투자하여 사망사고와 재난사고 ZERO를 달성하는 등 모범 경영인이라는 평가를 받고 있다. 다음은 인터뷰 내용의 전문이다.

171 용인 - 서울고속도로



수행하고 있습니다. 경수고속도로는 도로안전, 이용객 편의, 효율적 도로운영, 지역경제 상생발전 등을 주요 업무로 제1종시설물 33개, 2종시설물 43개, 3종시설물 12개 등 총 88개를 관리하고 있으며, 특히 연장 합계 약 8km의 터널 10개소와 1.46km의 지하차도 4개소 등을 집중 관리하고 있습니다.

Q 많은 사업장이 코로나19로 매우 힘든 시기를 보내고 있습니다. 경수고속도로에도 어떤 영향을 미쳤나요?

A 코로나19로 인해 2년간 재택근무가 일상화되어 그만큼 교통량이 감소한 적이 있었습니다. 하지만 코로나19로 자가용을 선호하는 현상도 겹쳤고 최근에 일상회복도 진전되어 코로나 이전 대비 95% 이상 교통량을 회복하였습니다. 지난 2년간 코로나19로 피해를 입은 수원, 용인, 성남 등 지역사회에 작게나마 도움을 드리기 위해 사회공헌활동도 더 많이 전개하였습니다. 앞으로도 일상회복에 맞춰 고속

Q 박종혁 대표님, 안녕하세요. 도로교통 저널 독자들에게 인사 부탁드립니다.

A 반갑습니다. 용인~서울고속도로 사업시행자인 경수고속도로(주)(이하 경수고속도로) 대표이사 박종혁입니다.

Q 용인~서울고속도로에 대해 소개 부탁드립니다.

A 2009년 7월 1일 개통된 용인~서울고속도로는 경기도 용인시 기흥구 영덕동 흥덕IC를 시점으로 서울시 강남구 세곡동 현릉IC를 종점으로 하는 22.9km의 171호선 고속도로입니다. 특히, 수도권 남부지역의 지역경제 균형발전과 택지개발, 수도권 진입 수요 등의 교통 증가에 대비하고, 정부고속도로 양재~수원구간과 국지도 23호선의 포화된 교통난을 해소하기 위해 건설한 고속도로로 동탄, 수원, 수지, 분당 지역과 서울을 연결하는 중추적 역할로써 안전을 최우선의 목표로 운영하고 있습니다.

Q 용인~서울고속도로의 운영 법인으로서 경수고속도로의 주요 업무와 관내 도로현황이 궁금합니다.

A 우리 경수고속도로는 2003년 12월에 설립하여 현재 10명의 내근 직원이 재난안전, 시설관리, 도로관리, 교통관리, 시스템관리, 영업관리를 하고, 현장직원 200여 명이 서수지영업소, 금토영업소 등 영업과 유지관리 등을

도로 이용객들의 안전과 지역사회 내 발전을 위해 맡은 바 소임을 다할 것입니다.

Q_ 경수고속도로가 설립된 지 20주년입니다. 법인을 운영하면서 소회가 있다면 한 말씀 부탁드립니다.

A_ 용인~서울고속도로는 인구 100만 명이 넘는 용인시와 수원시, 그리고 성남시를 서울 강남 생활권으로 연결하는 핵심 고속도로입니다. 개통 이후 하루 평균 약 20만 대의 차량이 이용하고 있어 수도권 남부의 핵심 도로임을 증명하고 있습니다. 용인~서울고속도로는 공사비 약 1조 5천억 원 가운데 민간업체가 약 5,700억 원을 부담하고, 국고에서 약 3,600억 원을 보조금으로 지원한 민자 고속도로입니다. 협약에 따라 2019년까지 10년간 최소 운영수입보장금(MRG)을 재정으로 보전해주는 계약을 했지만, 개통년도인 2009년을 제외하고 9년간 정부 재정지원 'ZERO'를 달성하였습니다. 그동안 경수고속도로를 이용해 주신 국민과 지역주민들 덕택입니다.

Q_ 용인~서울고속도로는 민자사업 중에 손꼽히는 성공 사례로 평가받고 있습니다. 재정 고속도로의 통행요금과 비슷하고 민자 고속도로를 통틀어서도 가장 낮은데도 불구하고 사

업의 성공 비결이 있었다면요?

A_ 우선 동탄신도시, 광교신도시와 같이 주변의 대규모 택지개발이 차질 없이 진행돼 실제 교통량과 예측된 교통량과의 격차가 크지 않았다고 봅니다. 물론 우리도 다양한 노력을 해왔죠. 운영 안정기에 든 이후에도 인터체인지(IC) 진출입로 확장, 하이패스 차로 증설을 비롯해 각종 교통 안전시설 보강에 투자를 아끼지 않았습니다. 특히나 우리 고속도로는 다른 고속도로와 직접 연결되는 분기점이 없다는 점이 아쉬웠는데, 국토교통부와 한국도로공사 등 관계기관과 지속적으로 협의해 지난 2018년 금토분기점(JCT) 개통을 이끌어낸 것도 좋은 결과였다고 봅니다.

Q_ 경수고속도로는 일찍부터 ESG를 경영 방침으로 삼고 있습니다. 사회적 편익 향상을 위해 어떤 노력을 하고 있나요?

A_ 경수고속도로는 이익공유, 사회공헌, 교통안전 증진, 환경보호 등을 위해 종합적으로 노력하고 있습니다. 2015년에는 고속도로 중에서 처음으로 관내 모든 전등을 LED로 교체했습니다. 특히, 터널 내 형광등이 LED로 교체됨에 따라 수은이 포함된 폐형광등의 처리가 필요 없어지게 되었고, 전기사용량까지 줄일 수 있어 환경을 보호하는데 기여했습니다. 또



한 종이사용을 최소화하기 위해 전자결제, 페이퍼리스 회의 등 업무처리의 전자화를 확대하고 있으며, 그 중 국토교통부, 한국교통연구원과 협의하여 2020년 말부터 민자도로 최초로 미납통행료 전자고지 서비스를 시행하게 된 것도 좋은 성과라고 생각합니다. 그리고 교통사고 취약구간 안전시설 개선, 재난대응 시스템 운영관리, 재난대응훈련 실시, 상습 지정체 발생 구간 개선, 공공 유희부지 활용, 코로나19 지원금 기부 등 사회적 편익의 증대를 위해서 계속 노력하고 있습니다.

Q_ 대표님께서 ESG경영 일환 중의 하나로 지역사회 협력네트워크를 구축하고 상생하는 사회공헌활동을 지속적으로 전개하고 있습니다. 기업의 사회적 책임(Corporate Social Responsibility)을 통해 민자사업의 모범 사례가 되고 있는데요.

A_ 제가 취임 이후 사회공헌 활동을 강조하며 지역사회와 많은 부분을 협력하고 있습니다. 특히 수원, 용인, 성남지역 내 저소득가구 재난 취약계층 지원, 지역 문화재단과의 협약을 통한 문화 나눔 사업, 안전운전 캠페인, 용인시



다문화가정 자녀 장학금 지급 등 지역사회 내 기업의 사회적 책임 실현을 위한 사회공헌활동에 앞장서고 있습니다. 최근에는 코로나19로 인해 피해를 입은 계층에 긴급지원을 하기도 했습니다.

Q_기업의 사회적 책임에 대해 강조하셨는데, 최근에는 어떤 활동을 하고 있는지 궁금합니다.

A_ 용인~서울고속도로를 이용하는 지역주민의 통행대수 1대당 1원씩을 적립하여 사회에 환원하는 것을 기준으로 하고 있습니다. 요컨대 사회공헌 예산을 추가로 편성하여 통행수입의 사회적 재분배와 지역사회 내 구호, 복지, 장학, 문화사업 등을 지원하여 기업의 사회적 책임을 실현하고자 하는 것입니다. 2017년도부터 기부금 형식으로 시행되고 있는데, 매년 점진적으로 늘어나가며 작년에는 1.2억을 기부하였습니다. 이러한 노력으로 지속가능경영 관련 경제부총리겸기획재정부장관상, 경기 사회복지공동모금회 주관 경기 제16호 나눔명문기업 선정, 대한적십자사 회원유공장 최고명예장, 나눔유공자 경기도표창, 장애인 복지증진 기여 공로를 통한 용인시장표창 등을 수여받으며 다양한 기관에서 인정받고 있습니다.

Q_경수고속도로는 매출액의 상당 부분을 안전 시설 및 분야에 투자하고 있습니다. 어떤 부분을 중점적으로 투자했는지 궁금합니다.

A_ 최우선 가치는 단연 안전입니다. 안전에는 고객의 안전과 직원의 안전 모두 포함되겠죠. 경수고속도로는 매출액 대비 매년 15% 예산을 안전시설에 투자하고 있습니다. 이는 다른 민자 고속도로보다 많을 것이라고 봅니다. 특히, 터널 내 정체 알리미 시스템, 방음터널 내 방재시설, 터널 내 이동식 배연팬, 터널 LED 교체, 유지보수차량 충격흡수 안전장치 성능보강, 도로 제설용 장비 교체, 최신식 ITS 설비 개선 등이 그 성과입니다. 이밖에 재난안전팀을 전문가로 구성해 운영 중입니다. 안전에 관한 감독, 매뉴얼 제정 등 업무를 담당하며 모든 상황에 대비하고 있습니다.

Q_용인~서울고속도로의 시설물을 유지관리 하는데 있어 몇 가지 우수 사례가 있다면 소개 부탁드립니다.

A_ 네, 우선 시설물 안전점검을 통해 발견된 손상뿐만 아니라 준공 후 12년 경과된 노후화된 시설물의 성능을 개선하는 사업들을 통해 전체 시설물 88개 모두 안전등급 B등급 이상을 유지하고 있습니다. 특히나 용인~서울고속도로는 터널이 많은데, 터널 안전점검 중에



한국도로협회 이정윤 실장이 경수고속도로㈜ 박종혁 대표와 인터뷰하고 있다.

교통통제가 필요 없는 고해상 무차단 터널 스캐닝 시스템을 도입하여 교통사고 위험과 작업자 안전사고를 사전에 예방하고 터널 안전 점검 정밀성을 제고하고 있습니다.

Q_용인~서울고속도로는 선제적으로 방음터널 내 방재시설도 구축했습니다. 비용도 만만치 않게 들었을 텐데, 어떤 부분이 개선되었는지 설명 부탁드립니다.

A_ 대규모 택지지구 통과구간인 판교와 홍덕구간의 터널형 방음시설에 소화기와 옥내소화전 등 각종 방재시설을 보강했습니다. 그리고 터널 내 차량 화재 사고가 발생한다면 신속히 연기를 배출해야하기 때문에 이동식 배연팬도 도입했습니다. 재난이 발생하면 고립된

차량의 신속한 우회가 중요하기 때문에 터널 긴급 우회로도 추가 설치하였습니다.

Q_경수고속도로는 교통사고나 재난대응에 있어서도 우수기관으로 꼽힙니다. 고속도로 개통 후 현재까지 재난재해 발생 건수 ZERO, 2021년도에는 사망사고 ZERO를 달성하였는데, 그 노하우가 있다면 말씀 부탁드립니다.

A_ 교통사고 통계분석을 통해 취약구간 8개소를 선정하여 안전관리와 맞춤형 개선 대책을 실시하고 있습니다. 취약구간 내에는 표지판, 경광등, 조명시설, 낙석방지울타리, 주의표지판, 동물유도울타리 등 안전시설 보강뿐만 아니라 교통안전 홍보와 캠페인을 365일 실시하고 있습니다. 이런 노력으로 교통사고 발생



물이 매년 감소 추세에 있고 로드킬 사고도 줄어들고 있습니다. 그리고 9가지 재난 유형별 현장조치 행동매뉴얼도 제정하고 재난대응 물품과 자원 총 59종류 약 7,000여 개를 보유하여 언제 일어날지 모르는 위기 상황에 24시간 대비하고 있습니다.

Q 이용객들의 편의를 위해 추진 중인 사업이 있다면요?

A 도로를 이용하는 고객들에게 가장 중요한 것은 원활한 교통흐름이겠죠. 관련하여 상습 지정체 발생 구간의 차로 확장과 가속차로 연장, IC교차로 기하구조 개선과 같은 사업을 추진해 출퇴근 지정체 해소를 위한 개선대책을 시행하였습니다. 또한 고속도로 TG 교통흐름을 위해 하이패스 운영 시스템도 점진적으로 늘려 약 60% 확보하고 있고, 주기적으로 도로포장상태 정밀조사를 통해 아스팔트 재포장 공사도 실시하여 주행 편의성도 높이고 있습니다.

Q 매년 18개 민자고속도로의 운영 전반을 평가하는 운영평가에서 용인~서울고속도로가 지속적으로 우수등급을 받고 있습니다. 도로관리운영에서의 전문성을 인정받고 있는데, 지속적인 투자와 노력이 있었기 때문인 것

같습니다.

A 민자고속도로 운영평가뿐만 아니라 2019년도에는 행정안전부 주관 전국 325개 기관을 대상으로 한 재난관리평가에서 유일하게 도로분야 우수기관으로 선정되었습니다. 매일매일 현장에서 고생하는 협력업체 관계자와 임직원들의 숨은 노력 덕분이 아닌가 싶습니다. 효과적이고 전문적인 관리를 통해 고속도로가 창출할 수 있는 사회적 편익을 고속도로 이용자와 함께 공유할 수 있도록 더욱 노력할 것입니다. 지금까지 해왔던 지역사회와의 상생과 소외계층에 대한 관심도 지속적으로 추진하여 사회적 기업으로서의 역할을 충실히 이행하겠습니다.

Q 지난 몇 년 동안 민자 고속도로의 공공성 강화라는 이유로 민자사의 많은 부분이 개편되었습니다. 민자 고속도로 운영사 측면에서 볼 때 앞으로 개선되어야 할 부분이 있다면요?

A 최근까지도 정부는 통행료 인하와 국가재정 부담 등으로 기존 민자 고속도로의 사업재구조화를 시행했습니다. 민자 고속도로 운영사뿐만 아니라 지하철 9호선, 용인 경전철 등도 이미 완료되었고, 많은 민자사업의 재구조화가 추진되고 있습니다. 아울러 민자고속도로는 국토교통부, 한국교통연구원 등을 통해

철저히 평가받고 있죠. 사업 재구조화를 통해 요금도 인하되고 정부의 재정 부담도 축소되기 때문에 국민의 입장에서는 이 같은 정책 추진이 바람직할 것입니다. 하지만 계약 조건과 법·제도의 잦은 변화는 앞으로 검토될 민자사업에 대한 우려가 앞설 수밖에 없겠죠. 그리고 당초 민간사업자가 제안했던 서울~세종, 안산~인천 등의 민자 고속도로도 도로공공성을 이유로 재정사업으로 전환됐습니다. 이는 그동안 민자사업으로 추진했던 민간의 노력이 아쉽워지는 상황입니다. 인프라부문 민자사업은 장기투자 사업입니다. 정부의 신뢰가 줄어들면 정부에서도 장기투자자를 유치하는데 어려움을 겪을 수밖에 없죠. 정부를 믿고 민간이 투자할 수 있는 정책적 환경이 조성되길 바랍니다.

Q 용인~서울고속도로와 같이 성공한 민자사업 사례가 있는데도 국민들은 여전히 민자 고속도로 사업에 대한 부정적인 인식이 많습니다. 굵지 않은 시선에 대한 돌파구가 있다면 무엇이 있을까요?

A 민자고속도로 통행료 인하라든지 사업장의 투명성 확보, 주무관청의 감독 강화, MRG 폐지 등으로 따갑던 국민 시선은 많이 줄어들었다고 봅니다. 그동안 법, 제도 개정 등으로 여러



가지 변화를 거치며 힘든 상황도 많았지만 우리 민자사들도 더 발전하며 정부의 부족한 부분을 메워주고 있다고 생각합니다. 물론 이러한 과정이 민자사업을 추진하는 투자자 차원에서는 수익률과 사업성을 저해하는 불안 요소가 있고, 민자사업 협약기간이 늘어나서 미래세대 공동분담 등 형평성 재고의 문제가 있겠지만 투자회사 차원에서도 적정한 수익률과 창의성을 모색해야 할 것으로 보입니다.

Q 근본적으로 민자와 재정고속도로는 통행료 산정방식이 달라서 추후 다시 가격이 벌어질 수 있는 소지가 있지 않습니까? 부득이 통행료 인상이 불가피하다면 앞으로 어떤 부분에 주안점을 뒀야 할까요?

A 재정고속도로의 경우에는 정부의 정책의지에 따라 요금의 인상폭을 정부가 조절할 수 있는



구조임에 반하여 민자도로는 정부와 민간사업자간에 합의된 원칙과 기준에 따라 통행료가 조정됩니다. 이에 따라 향후 두 도로 간의 요금의 차이가 발생할 소지는 많이 있습니다. 도로를 건설하기 위한 재원의 성격차이에도 불구하고 두 고속도로 모두 국민들의 편익을 증진하기 위한 공공재의 성격을 가지고 있는 시설이므로 비슷한 요금정책이 적용될 수 있으면 바람직하겠지만, 말씀하신 바와 같이 통행료 조정의 원칙이 달라서 재정고속도로 대비 민자도로의 통행료 인상이 불가피할 수 있으며, 이 경우 정부와 민간사업자간의 합의를 통해 이용고객이 수용할 수 있는 범위 내에서의 요금인상 수준을 결정할 필요가 있습니다. 물론 협약에 따라 조정되어야 할 요금 중 미인상분에 대한 정부의 추가적인 지원은 계약 내용대로 이행되어야 민자사업에 대한 대정부 신뢰도가 유지될 것으로 보입니다. 민간사업자도 이용고객이 보다 편리하고 안전하게 도로를 이용할 수 있도록 적극적인 시설투자 와 도로 유지관리 등을 통해 요금인상에 대한 편익이 고객에게 돌아갈 수 있도록 모든 노력을 다해야 할 것입니다.

Q_우리나라 SOC 산업 발전에 있어서 민자 고속도로도 국가 발전에 많은 공을 세웠습

니다. 앞으로도 국민이나 정부 모두 만족하는 민자도로 사업장이 되기 위한 방안이 있다면요?

A_ 그동안 국가에서는 재정의 효율적인 집행, 금융기관에서는 금리인하에 따른 새로운 투자 대상 필요성 등에 따라 고속도로에 민간자본이 투자된 지 20년이 넘었습니다. 이에 따라 정부는 한정적인 재정을 보다 효율적으로 집행할 수 있게 되었으며, 국가 도로망도 보다 빠른 시기에 건설되어 사회적 편익이 괄목하게 증대되는 효과를 거두었습니다. 민간자본 역시 새로운 투자처 발굴을 통해 수익창출 기회를 다변화 할 수 있었습니다. 여러모로 장점이 있는 SOC 산업의 민간투자제도임에도 불구하고 과거 발전과정에서 일부 정책에 대한 이해 관계자 간의 이견으로 인해 장점보다는 부정적인 면이 많이 부각된 것이 사실입니다. 향후 국민, 정부, 그리고 민간투자자 등 이해 관계자 모두가 만족할 수 있는 민자 고속도로가 되기 위해서는 각자의 자리에서 더욱 노력해야 할 것입니다. 정부는 도로건설과 운영에 있어 민간자본의 유치를 통해 얻을 수 있는 국가 재정의 효율적 집행과 적기 건설에 따른 사회적 편익 등에 대해 대국민 설명 등 노력을 게을리 하지 말아야 할 것이며, 민간투자자는 보다 정교하고 발전된 금융기법 등을

개발하여 이용자들이 수용 가능한 이용료로 도로시설을 이용할 수 있도록 전문가적인 노력을 다해야 할 것입니다. 또한 도로 이용자들이 보다 편리하고 안전할 수 있도록 최상의 도로상태를 유지관리하여 이용료 지출에 대한 만족도를 높여야 할 것입니다.

Q_도로협회 회원사에게 전할 말씀이 있다면요?

A_ 최근 들어 안전, 환경보호에 대한 이슈가 더욱 높아지고 있습니다. 중대재해처벌법, 탄소중립기본법이 시행되었고, 건설안전특별법 제정도 논의되고 있다고 하니 다양한 규제 앞에 놓여있습니다. 건설주체나 사업장에게 책무가 더욱 막중해지고 있기 때문에 여러 모로 난관이 있지만, 해결해나가야 할 부분은 한국도로협회 회원사 여러분들과 함께 힘을 모아

극복해나갔으면 합니다. 도로협회 관계자 여러분들도 회원사 간에 소통할 수 있는 자리를 많이 마련해주시기를 당부 드립니다.

Q_마지막으로 마무리 말씀 부탁드립니다.

A_ 용인~서울고속도로가 성공적인 민자 고속도로로 평가받고 있는 것은 우리 한국도로협회 건설사, 설계사 등 회원사 여러분들 덕택이 아닌가 싶습니다. 이 자리를 빌려 국가기간산업발전을 주도해주신 회원사 여러분들에게 존경과 감사의 말씀을 올립니다. 앞으로 우리 용인~서울고속도로도 도로산업 발전을 위해 더욱 정진하겠으며, 국민들이 더욱 편리하고 안전한 고속도로를 이용하실 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 감사합니다.



경수고속도로㈜ 박종혁 대표이사 이력

박종혁 대표이사는 한국외국어대 법학과를 졸업한 후 한국정기신용은행과 국민은행에서 약 15년 간 인프라 투자 금융분야를 담당했다. 이후 2007년에는 맥쿼리한국인프라투자회사에서 10년 동안 국내 인프라 민간투자 분야 전문가로 활동하며 성공적인 투자 경험을 쌓았으며, 2017년 경수고속도로㈜ 대표이사로 취임하였다. 박종혁 대표는 기업의 ESG 경영을 실천하며 지역사회와 도로산업 발전을 위해 헌신하고 있다.



토웅이앤씨(주) 이은호 대표이사를 만나다

“독자적인 해외진출로 자체 영업기반 확보와 기술 현지화 노력에 집중”
 “그동안 코로나19 여파로 해외사업이 주춤했었지만, 올해부터는 다시
 해외 기술사업화 진출에 총력을 기울일 것”



토웅이앤씨(주)는 교량과 관련된 기술을 개발하여 국내외 기술사업화를 추진하고 있는 기업이다. 특화된 기술사업화 전략을 기반으로 회사를 경영하고 있는 이은호 대표이사는 국내 교량 사업과 함께 말레이시아 등 아시아 시장의 해외사업도 활발히 추진하고 있으며, 차별화된 기술 브랜드를 구축해 나가고 있다. 이번 166호 인터뷰에서는 서울시 강남구 테헤란로에 위치해 있는 토웅이앤씨 사무실에서 이은호 대표이사를 만났다. 다음은 인터뷰 내용의 전문이다.

Q_ 대표님, 안녕하세요. 도로교통 저널 독자들에게 인사 부탁드립니다.

A_ 안녕하세요. 토웅이앤씨 대표이사 이은호입니다. 저는 도로교, 철도교 등의 교량에 특화된 기술을 기반으로 국내외에서 기술사업화를 총괄하고 있습니다. 한국도로협회 사무실에서 몇 번 회의했던 기억이 나는데, 이렇게 우리 회사에서 만나뵙게 되어 반갑습니다.

Q_ 혹시 모르시는 분들을 위해 토웅이앤씨에 대해 소개 부탁드립니다.

A_ 토웅이앤씨는 1992년에 설립되어 철근콘크리트, 토공 등의 여러 전문건설업을 추진해오다가 2010년부터 교량에 특화된 연구개발을 통해 자체 기술력을 확보하여 국내외 기술사업화를 추진하고 있는 회사입니다. 이후 축적된 교량 관련 노하우를 기반으로 국내외에서 다양한 실적을 쌓아나가고 있습니다.

Q_ 토웅이앤씨의 주요 사업분야에 대해 말씀 부탁드립니다.

A_ 60m 이상의 경간에도 시공이 가능하며 도로교는 물론 철도교에도 적용이 가능한 개량형 PSC거더 공법인 'BH거더', 철도교량에 특화된 하로형 PSC거더 기술인 '오메가브릿지', 교각 시공에 있어서 공사기간을 획기적으로 단축할 수 있는 기술인 '프리캐스트 교각 공법' 등 토웅의 독자적인 기술제품을 기반으로 국내는 물론 말레이시아 등의 아시아 지역에서의 기술사업화를 추진하고 있습니다.

Q_ 도로분야에서 가장 주목할 만한 기술이 있다면 소개해주세요.

A_ 저희 회사의 대표 기술사업 아이템인 BH거더를 꼽을 수 있을 것 같습니다. BH는 Bulb-T&Half Slab의 약자인데, 개량형 PSC거더 공법의 한 종류로 보시면 될 것 같습니다. 60m 이상의 장경간 교량 건설에 최적화되어 개발되었으며 동시에 하프슬래브(Half Slab) 기술도 적용하여 경제성, 안전성, 시공성을 확보할 수 있는 기술입니다. 현재 국내 고속도로의 다양한 교량에 적용되어 시공이 완료되었거나 시공예정이며, 특히 말레이시아에서는



쿠알라룸푸르 인근의 외곽순환도로에 해당하는 고속도로에 60m급 BH거더가 약 420여 본이 반영되어 준공을 눈앞에 두고 있습니다.

Q 토웅이앤씨는 일찍부터 교량분야에 특화된 연구개발을 진행해왔습니다. 어떤 부분을 강조하며 지속가능한 비즈니스 모델을 창출하셨나요?

A 저희는 기술이 개발된 이후 초기단계에서부터 국내와 동시에 해외 기술사업화를 추진해왔습니다. 이 과정에서 지속가능한 사업의 추진을 위해 국내외를 아우르는 기술사업화 전략을 수립하였으며, 특히 독자적인 해외진출을 통해 자체 현지 영업기반의 확보와 더불어 기술을 현지화하기 위한 노력을 펼쳐 왔습니다. 물론 저희의 비즈니스 모델에서 경쟁력 있는 기술과 이를 시행할 수 있는 엔지니어가 기본이라는 것은 두말할 나위가 없을 것 같습니다.

Q 건설사업 해외진출이라는 게 쉽지 않은 일인데, 토웅이앤씨에서는 어떤 분야에서 성과를 이뤄냈나요? 대표적인 해외사업 실적에 대해 소개 부탁드립니다.

A 질문하신대로 저희 같은 중소기업이 해외에 독자적으로 진출하는 것은 매우 어렵고 힘든 과정을 수반합니다. 저희의 경우에도 해외

사업을 시작한 초기 4~5년간 시행착오를 거치면서 많은 비용과 인력을 투입해야 하는 고통스러운 과정을 겪어왔습니다. 다만 저희의 경우에는 이 과정에서 한국건설기술연구원과 해외건설협회 등의 지원정책을 적극적으로 활용하여 사업 초기의 부담을 일정부분 해소할 수 있었으며, 이러한 경험을 통해 해외 사업과 관련한 많은 노하우를 축적할 수 있었다고 생각합니다. 이러한 노력을 기반으로 앞서 말씀드린 말레이시아 SPE프로젝트를 비롯하여 Rantau-Panjang, LRT3 등 여러 프로젝트를 수행하고 있습니다. 특히 2018년도에는 BH거더의 기술력을 홍보하기 위해 한국건설기술연구원의 지원을 받아 현지 정부부처 및 업계 관계자 120여 명을 초청하여 60m 분절형 BH거더 실물 공개실험을 성공적으로 수행하는 등의 성과를 얻어냈습니다.

Q BH거더 공법의 대표적인 국내 실적도 궁금합니다.

A 국내에서 BH거더를 적용하여 완공된 대표 사례로는 서울~문산 고속도로를 들 수 있습니다. 저희는 서울~문산 고속도로 중 총 4개 교량에 104본의 BH거더를 시공했는데, 50m, 55m, 60m경간의 BH거더가 적용되었고 대부분 60m경간이 적용되었습니다. 특히



한국도로협회 이정윤 실장이 토웅이앤씨(주) 이은호 대표이사와 인터뷰하고 있다.

이 중에서 60m 3경간 연속화 공법이 적용된 교량이 있는데, 국내에서 사례를 찾기가 어려운 것으로 알고 있습니다. 이를 통해 BH거더의 기술력이 입증된 사례라고 보시면 될 것 같습니다. 이외에도 세종시 정부청사, 농촌진흥청 청운교 등이 공용 중이며, 현재 다양한 프로젝트에 BH거더가 설계 반영되어 시공을 앞두고 있습니다.

Q PSC거더 공법 중에 BH거더가 두각을 보이고 있는 것에 대한 이유가 있다면요?

A 아무래도 60m이상 경간의 시공이 가능하다는 점과 하프슬래브를 통해 경제성, 안전성, 시공성을 향상시킬 수 있다는 점이 BH거더의 경쟁력을 높이고 있다고 생각합니다. 우선

60m이상 경간의 교량시장은 기존에는 빔 형태의 PSC거더 계열이 잘 적용되지 않고 있던 시장이었지만, BH거더를 비롯한 소수의 공법이 시장에 출시되면서 개량형 PSC거더의 적용 영역을 확장시켰다고 볼 수 있습니다. 특히 BH거더의 경우 최적화된 단면과 텐던 프로파일을 통해 특수한 재료나 공정을 배제시킴으로써 경제성과 시공성을 높일 수 있고, I형 단면의 타 공법들에 비해 Bulb-T형 단면의 적용을 통해 Wide Flange형태의 상부플랜지를 슬래브의 일부로 이용하는 Half Slab공법을 적용함으로써 경제성과 함께 시공 시 추락사고 등을 방지할 수 있는 장점이 부각되어 타 공법 대비 경쟁력을 인정받고 있다고 판단됩니다.



Q 토웅이앤씨가 2019년도부터 연달아 국토교통부 건설혁신 선도기업으로 선정되었습니다. 어떤 부분에서 높은 평가를 받았는지 궁금합니다.

A 교량 상부 시공기술인 BH거더와 교각 모듈화 시공기술인 PPCM 등 기술개발과 국내·외 시공실적에 대해 높은 평가를 받았습니다. 2019년도에 국토부가 국내시장·해외시장 진출·기술개발 분야에서 건설 혁신선도 기업을 공모했는데 세 가지 분야에서 모두 혁신기업으로 선정된 곳은 우리 회사가 유일합니다. 앞서 말씀드린 당사의 기술사업화 전략을 추진하면서부터 국내와 해외시장진출을 동시에 추진한 경험들이 큰 도움이 됐는데, 특히 교량 인프라 기술 수요가 높은 동남아시아 권역의 국가에서 중소기업이 자체적인 비즈니스 모델과 기술력으로 교량 신기술 시장에 진출했다는 점이 주요했다고 봅니다.

Q 토웅이앤씨는 정부출연 연구기관과의 R&D 사업에도 적극적인 것으로 알고 있습니다. 최근에 진행했거나 완료한 연구사업이 있다면 소개해주세요.

A 저희는 국내외 기술사업화를 추진하면서 한국건설기술연구원으로부터 여러 방면에서 많은 지원을 받아오고 있습니다. 한국건설기술

연구원에서는 매년 중소기업 지원사업을 시행하고 있는데, 우리 같은 중소기업은 연구 관련 인프라를 충족시키기가 쉽지 않은 게 현실이지만 건설연의 지원사업을 통해 이러한 애로사항을 해결할 수 있었습니다. 특히 우리가 말레이시아에서 처음 수주하여 준공을 앞두고 있는 SPE프로젝트는 건설연의 지원으로 현지 공개실물실험을 수행하여 기술 우수성을 직접 보여준 것이 수주에 매우 중요한 역할을 했습니다. 또한 2020년도에는 건설연의 중소기업 연구지원 사업을 통해 BH거더 기술의 고도화 및 해외 주요 설계코드 적용성 연구를 수행하여 우수상을 수상하기도 하였습니다. 기술개발이나 사업화에 많은 어려움을 겪고 있는 건설 중소기업들이 이러한 제도를 많이 활용하기를 바랍니다.

Q 최근 2년 간 코로나19로 해외사업이 쉽지 않았을 텐데요. 어떻게 극복하고 계신가요?

A 우선 해외국가로 오고 가는 기본적인 일들이 쉽지 않았기 때문에 비즈니스 자체가 어려운 환경이었습니다. 다행히 저희는 말레이시아에 현지 법인이 있고 코로나 팬데믹 직전에 인도와 싱가포르 등의 국가에 대한 수주교섭을 추진했었기 때문에 부족하지만 온라인으로나마 수주활동을 이어갈 수 있었습니다. 또한



위기를 기회로 삼기 위해 국내사업은 물론 신규 연구개발 및 비즈니스 발굴에 집중하는 방식으로 극복하고자 노력하고 있습니다.

Q 건설분야 해외사업을 하면서 개선되었으면 하는 점이나 필요한 정책이 있다면 말씀 부탁드립니다.

A 솔직히 말씀드리면 우리 같은 중소기업은 기관투자자든지 자금지원이 가장 필요합니다. 최근 국토부에서 출자한 모태펀드 정도만이라도 국토교통 관련 우수 중소기업 성장과 해외시장 진출이라는 공익적 목적을 두고

투자를 적극적으로 지원했으면 합니다. 특히나 건설기술 개발사업을 주로 하는 업체는 개발에 따르는 조달과 현지 생산시설 등이 필요한데, 시공을 위한 자금이 상당히 필요합니다. 정부에서는 해외진출을 시도하는 중소기업에 대해 펀드투자나 금융지원이 적극적으로 운영되었으면 합니다. 물론 모든 일은 사람이 해야 하는 일이기 때문에 해외인력 수급도 쉽지 않은 환경입니다. 정부나 고등교육기관 차원에서도 더 관심을 갖고 해외사업을 할 수 있는 유능한 인재를 양성해주셨으면 합니다.



Q_ 건설혁신 선도기업으로서 전문기술을 취급하는 기업들에게 필요한 제도적 지원이 있다면요?

A_ 앞서 말씀드린 기관 펀드투자, 금융지원, 인재수급 정도로 말씀드릴 수 있을 것 같습니다. 최근에 전문건설업 입장에서 미래 불확실성이 커졌다고 생각합니다. 건설생산체계가 개편되어 업무 영역이 폐지됐고, 대업종도 시행됐죠. 그리고 중대재해처벌법으로 안전 확보를 위한 기업의 부담도 커졌습니다. 유예기간이 있다지만 건설기업의 대부분을 차지하는 중소건설업 환경에 만만치 않은 업무입니다. 최근 들어 처벌과 규제가 강화되어 건설혁신과 미래에 걸림돌은 되지 않을까 걱정도 되고 전문업체에게도 경쟁과 부담 가중이 불가피해진 상황이기 때문에 미래 지속가능한 비즈니스에 대해서 고민이 필요한 시점인 것 같습니다.

Q_ 최근 대기업뿐만 아니라 정부에서도 건설분야 혁신과 미래에 대한 이야기를 많이 하고 있습니다. 대표님께서 어떤 부분에 중점을 두고 계신지 궁금합니다.

A_ 건설시장에서 혁신성장인 스마트건설과 타산업과의 융합이 회사의 미래를 결정한다고 봅니다. 그리고 건설업의 자동화, 모듈화와 같은 성장이 급격히 진행되고 있어 제조기술과 고급인력에 대한 중요도가 훨씬 높아지고 있죠. 특히, 저도 도로분야 전문가이지만 다른 분야 전문가를 만나 지식과 비즈니스도 교류

하고 이를 어떻게 도로사업에 접목할 것인가 고민하고 있습니다. 하지만 무엇보다도 도로시설물을 이용하는 이용자들의 입장에서 보면 안전이 최우선이기 때문에 기능과 품질, 안전을 확보하기 위한 시설물의 고품질화, 고기능화에 초점을 맞춘 기술적 측면의 혁신방안도 지속적으로 연구하고 있습니다.

Q_ 교량 분야는 고급인력을 필요로 하는 직군인데, 인재수급에 많은 어려움도 있을 것 같습니다. 해외사업에 있어서도 인재양성 말씀도 하셨고요. 건설분야 전공자도 줄고 있는데, 민관 차원에서 어떤 노력을 해야 할까요?

A_ 지속가능한 사업, 기술사업화 전략 기반 경영 등 모든 일에는 사람이 핵심이죠. 특히나 우리 회사는 기술 중심회사로 운영이 되기 때문에 인력이 가장 중요합니다. 회사 내에서는 근로여건과 인센티브 등 직원 복지 향상과 신규 엔지니어 채용을 위해 노력하고 있지만, 정부차원에서도 단기적인 일자리 정책뿐만 아니라 중장기적으로 건설산업이 필요로 하는 질적, 양적 혁신 역량을 충족할 수 있는 인재양성 대책이 마련되었으면 합니다.

Q_ 교량기술을 전문으로 하는 기업으로서 발주처에게 바라는 점이 있다면요?

A_ 시공실적 보유 경험뿐만 아니라 그동안 실험적인 측면에 있어서도 우리 토옹의 기술력은 이미 입증되었다고 봅니다. 많은 발주처



토옹이앤씨(주) 이은호 대표이사 이력

이은호 대표이사는 한양대학교와 미시건주립대학교에서 토목을 공부하였으며, ㈜삼보 기술단, ㈜유림이앤디 등에서 구조물 설계와 R&D를 수행하였다. 이후 2014년 토옹이앤씨(주)에서 근무하며 교량에 특화된 자체 기술을 개발하고 국내·외 기술사업화를 총괄하는 등 전문업체로서 모범적인 실적을 쌓아나가고 있다.

관계자분들께서 신기술을 기피하실 수밖에 없는 상황이라는 것은 알고 있지만 더욱 적극적으로 검토하셔서 현장에 적용하셨으면 하는 마음입니다. 발주처마다 각각 요구하는 사항이 다르지만 그동안의 기술력과 시공경험의 노하우로 기대 이상의 효과와 만족을 드릴 수 있다고 자부합니다.

Q_ 마지막으로 한국도로협회 회원사에게 한 말씀 부탁드립니다.

A_ 도로는 고부가가치 산업이라고 생각합니다. 투자대비 눈에만 안보일 뿐 국민에게 다가오는 시간적, 물리적, 물질적 혜택이 너무나도 많기 때문이죠. 그동안 대한민국이 10대 경제대국으로 성장할 수 있는 기초적인 발판을 마련한 분야는 단연 우리 도로산업 직군이라고 생각합니다. 우리 이미지는 우리가 만들어

가는 것이기 때문에 스스로 자부심을 가졌으면 하고, 회사를 경영하는 분들도 직원 분들에게 더 많은 보상과 혜택 주셔서 좋은 직군, 일하고 싶은 직군으로 다시 자리 잡았으면 합니다. 아울러 전문업체 같은 경우에는 국내·외 발주처 관계자나 협회 회원사들을 만나는 게 쉬운 일이 아니기 때문에 협회에서는 소통할 수 있는 자리를 자주 만들어주셨으면 합니다. 모쪼록 코로나19의 막바지라고 생각하고 싶은 2022년 봄이 왔습니다. 힘든 상황이 빨리 마무리되었으면 좋겠습니다. 감사합니다. 🇰🇷

특집 01

탄소중립 시대, 건설산업의 도전과 과제¹⁾

이홍일 | 한국건설산업연구원 연구위원

본고에서는 2050 탄소중립 시나리오 추진에 따른 건설산업의 파급효과와 국내 건설기업의 대응 전략 및 구체적인 과제 후보에 대해 살펴보고자 한다.

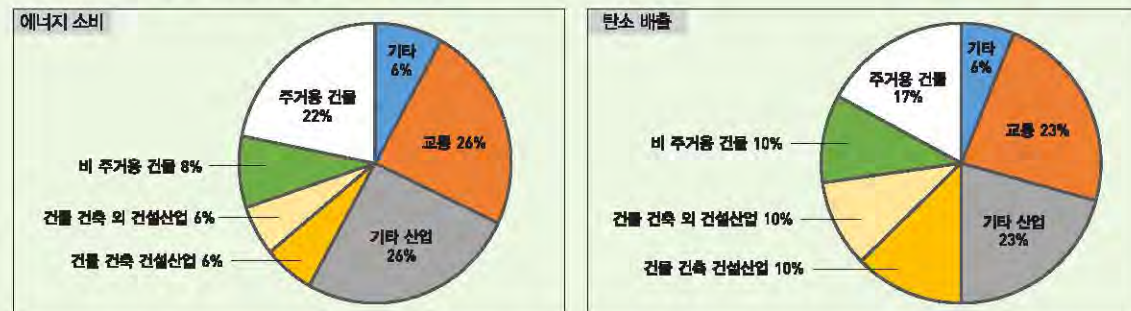
1. 건설산업의 탄소배출 현황

1.1 건설산업과 건물운영 부문 탄소배출 현황

건설기업이 향후 탄소중립 환경변화에 대응해

성공적인 전략을 수립·이행하기 위해서는 먼저 건설산업과 건설상품의 탄소배출 현황을 파악하는 것이 중요하다. 세계 건축 및 건설연맹(Global ABC) 보고서에 따르면, 광의의 건설산업(건설자재 생산 포함)과 건물운영 부문에서 배출된 이산화탄소는 2020년 기준 전 세계 에너지 관련 이산화탄소 배출의 47%를 차지해 상당한 수준이다. 따라서 탄소중립은 건설산업에 상당한 도전이 될 전망이다.

〈그림 1〉 주요 부문별 에너지 소비 및 탄소배출 비중



주 : 세계 건축 및 건설연맹(Global ABC)에서 국제에너지기구(IEA) 데이터를 기초로 분석한 결과이며, 최종 소비자(end users) 관점의 분류임. 이산화탄소 배출 비중은 에너지(전기, 열 등) 생산과정에서 배출된 이산화탄소의 배출 비중임. 건설산업에는 건설자재 제조업이 포함됨.

자료 : UNEP, Global ABC, '2021 Global Status Report for Buildings and Construction', 2021.10.

1) 본고는 2022년 1월 발간된 한국건설산업연구원의 '2050 탄소중립 시나리오: 건설산업의 도전과 과제' 보고서를 기초로 작성됨.

〈표 1〉 생애주기 단계별 탄소배출 요인 및 비중

구분	자금조달	기획 및 설계	자재생산	시공	운영/유지보수	개축	합계
탄소배출 요인 대표적 사례	사무실 근무 및 이동 중 에너지 사용	좌동	시멘트, 철강재 등 자재생산 과정에서 탄소배출	건설활동, 지재 수송 과정에서 에너지 사용	에너지 사용, 보수 자재 생산과정 탄소배출	개축 중 에너지 사용, 자재 생산과정 탄소배출	-
탄소배출량 (GtCO ₂ eq)	0.02	0.03	3.88	0.27	9.41	0.1	13.71
탄소배출 비중(%)	0.15	0.22	28.3	1.97	68.64	0.73	100.0

주 : IEA의 2018년 CO2 배출 통계들 기초로 분석한 McKinsey & Company 보고서 내용을 활용해 재작성.
자료 : McKinsey & Company, 'Call for action : Seizing the decarbonization opportunity in construction', 2021.7.

세부적으로 살펴보면, 우선 광의의 건설 Value Chain에서 배출된 이산화탄소는 2020년 기준 전 세계 에너지 생산과정에서 배출된 이산화탄소의 20%를 차지하고 있다. 건물·건축 등 건설산업에서 배출된 이산화탄소가 10%의 비중을 차지하고, 이외 건설산업에서 배출된 이산화탄소 역시 10%의 비중을 차지하고 있다. 건물 운영(operation)단계에서 배출된 이산화탄소는 에너지 생산과정에서 배출된 전체 이산화탄소의 27% 비중을 차지하고 있다. 특히, 주거용 건물 운영에서 배출된 이산화탄소가 17%(직접 배출 6%, 간접 배출 11%)의 비중을 차지하고, 비주거용 건물 운영에서 배출된 이산화탄소가 10%(직접 배출 3%, 간접 배출 7%)의 비중을 차지하고 있다.²⁾

1.2 건설상품 생애주기별 탄소배출 비중

건설기업이 향후 탄소중립 환경변화에 대응해 성공적인 전략을 수립·이행하기 위해서는 건설

상품의 생애주기별 탄소배출 비중을 세부적으로 파악하는 것도 중요하다. 생애주기별 탄소배출 비중을 살펴보면, 건설 자재생산 과정과 준공 후 건설생산물의 운영단계에서 대부분의 탄소가 배출된다. McKinsey & Company의 보고서에 따르면, 전체 건설 생애주기 단계 중 건설 자재(시멘트, 철강재 등) 생산단계에서 약 28%의 탄소가 배출되며, 운영·유지보수 단계에서 약 69%의 탄소가 배출된다. 이외 단계에서 배출되는 탄소배출 비중은 약 3%에 불과하다.

국내 건설기업의 영역에 해당하는 시공단계에서 배출되는 탄소배출 비중은 약 2%에 불과해 개별 건설기업 차원에서 목표관리제³⁾ 준수 등 탄소중립 관련 목표 달성의 난이도는 상대적으로 크지 않을 것으로 판단된다. 즉, 탄소중립 환경하에서 개별 기업 단위의 직접적 탄소배출 규제 범위는 Scope 1, 2⁴⁾에 해당하기 때문에 개별 건설기업 차원의 탄소배출 감축은 철강, 시멘트,

2) 직접 배출은 해당 분류의 경계 내(경계 내의 보일러 시설 등)에서 일어나는 탄소배출이며, 간접 배출의 에너지 소비는 해당 경계 내에서 일어나지만 탄소배출은 경계 밖(경계 밖의 발전시설 등)에서 일어나는 탄소배출임.

3) 온실가스/에너지 목표관리제는 「저탄소녹색성장기본법」에 따라 온실가스 배출량 및 에너지 소비량이 일정 수준 이상인 업체 및 사업장(5만tCO₂eq 200TJ 이상 업체, 1만 5,000tCO₂eq 80TJ 이상 사업장)을 관리업체로 지정하여 온실가스 감축목표, 에너지 절약목표를 설정하고 관리하는 제도임.

4) Scope 1은 기업이 소유, 통제(운용)하는 발전원(보일러, 보유 설비/차량 등)에서 직접 배출한 온실가스, Scope 2는 기업이 구입 또는 소비한 에너지(전기, 열 등)의 생산(화력발전 등)으로 인해 간접적으로 배출한 온실가스, Scope 3은 기업이 소유, 통제하지 않지만, 기업 관련 가치사슬(원자재 생산 등)과 판매 제품/서비스의 사용으로 간접 배출된 온실가스를 말함.

석유화학 등 타 산업에 비해 비교적 용이한 편이라고 판단된다. 다만, 향후 탄소저감 건설상품의 시장이 성장하면서 건설기업은 개별 기업의 통제 범위를 넘어선 Scope 3 영역의 탈탄소화 전략 수립·이행이 필요할 전망이다.

2. 탄소중립 시나리오의 건설산업 파급효과

2050 탄소중립 시나리오의 주요 부문별 내용을 살펴보면, 에너지 전환, 산업, 건물, 폐기물 부문의 시나리오 내용이 건설산업에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

2.1 에너지 전환 부문 시나리오의 건설산업 파급효과

에너지 전환 부문에서는 화력발전 대폭 축소 및 재생에너지·수소 기반 발전 확대 방향을 수립했으며, 특히 2050년까지 석탄발전을 전면 중단하기로 했다. LNG발전의 경우도 산단 및 가정·공공 열 공급용만 유지하는 A안과 유연성 전원으로 활용하는 B안이 제안되었다. 이에 따라 건설산업에서는 화석연료 사용 발전플랜트 시장의 위축이 불가피할 전망이다. 특히, 석탄화력발전소는 제9차 전력수급기본계획에 포함된 7기의 완공 이후 추가 발주가 없을 가능성이 크다. 또한 전력수급 기본계획에 따라 기존 석탄화력발전소를 향후 24기의 LNG발전소로 대체할 계획이었으나, 탄소중립 시나리오, 환경단체 및 지역주민 반발 등을 감안할 때 LNG발전사업도 일정 부분 위축될 가능성이 있다.

반면, 에너지 전환 시나리오에 따라 신재생에너지 관련 발전플랜트 시장은 지속적인 성장이 예상된다. 특히, 태양광, 풍력 등 재생에너지 발전플랜트의 증가, 재생에너지 발전플랜트의 차세대 기술 적용(탠덤 태양전지, 부유식 시스템 등)을

통한 효율 향상 추구, 수소 또는 수소-LNG 혼합 연료를 사용하는 수소 기반 발전플랜트의 신규 증가 등이 전망된다. 또한, 재생에너지 발전플랜트는 발전 용량 확보에도 불구하고 날씨 등의 요인에 따라 전력생산 변동성이 크고 에너지저장장치(ESS)의 고비용문제가 있어 SMR 등 혁신형 원전 건설 재개도 일부 가능할 것으로 예상된다.

한편, 에너지 전환을 위해 배출권거래제 강화, 탄소비용의 전기요금 반영을 추진하므로 향후 건설기업의 에너지 비용 증가, 건설상품 총생애주기 상의 에너지 비용 증가가 예상된다.

국내 건설기업은 향후 성장이 예상되는 신재생에너지 발전플랜트 시장 진출을 검토해야 할 뿐만 아니라 개별 기업 단위의 탄소배출 감축 및 증가하는 에너지 비용 상쇄를 위해서도 신재생에너지 비중 확대를 전향적으로 검토할 필요가 있다.

2.2 산업 부문 시나리오의 건설산업 파급효과

산업 부문에서는 철강 공정의 수소환원제철 방식을 도입하고, 시멘트·석유·화학·정유 과정에 투입되는 화석 연·원료를 재생 연·원료로 전환해야 한다는 시나리오가 제시되었다. 산업 부문이 저탄소 구조로 전환하기 위해서 핵심 감축 기술에 대한 기술개발과 실증화 및 상용화, 시설개선 투자가 필수적인데, 금융지원과 세금 감면 등을 추진할 방침이라고 한다.

산업 부문 탄소중립 시나리오에 따르면 향후 중장기적으로 건설원가가 상승하고 원가 상승분의 최종 가격 반영 미흡 시 건설기업의 수익성 하락 전망도 예상된다. 예컨대 건설 생산과정에 투입되는 주요 자재인 철강, 시멘트, 석유화학제품을 생산하는 기업이 탄소배출 감축을 위한 기술개발, 공정혁신을 해야 하는 상황이다. 따라서 철강재,

시멘트, 석유화학제품 등 건설자재 제조기업의 연료 및 원료 전환을 위한 기술개발 및 시설투자, 그리고 탄소배출권 확보로 인해 중장기적 건설자재 원가 상승이 예상된다. 향후 건설자재 원가 상승분을 최종 건설상품의 가격에 적절히 반영하지 못한다면 건설기업의 영업이익률 하락은 불가피할 전망이다.

다만, 국내 건설기업의 업역인 시공단계에서는 자재생산 단계에 비해 탄소배출이 적어 개별 건설기업 단위의 탄소배출 관리는 비교적 어렵지 않을 것이다. 건설생산업은 Value Chain상 건설자재 제조단계에서 탄소배출 비중이 90% 이상으로 가장 높고, 시공단계에서는 탄소배출이 적어 건설산업의 탄소중립 달성은 건설자재 제조업에 비해 용이할 것으로 예상된다. 이에 따라 개별 건설기업 단위의 Scope 1, 2에 대한 탄소중립 달성 역시 예외적 경우(호텔, 리조트 등 에너지 비효율 건물 다수 보유 기업 등) 외에는 탄소중립 달성이 타 산업에 비해 다소 양호할 것이다.

2.3 건물 부문 시나리오의 건설산업 파급효과

건물 부문에서는 제로에너지 건축물, 그린리모델링 확대를 통한 건축물의 에너지 효율 향상, 고효율 기기 보급, 스마트에너지 관리 등을 추진함으로써 탄소배출량을 감축하는 시나리오가 제시되었다. 건물 부문 탄소중립 시나리오에 따르면 향후 저탄소배출 건설상품의 성장이 예상되며, 국내 건설기업의 전략적 대응이 필요할 것으로 보인다. 구체적으로는 향후 제로에너지 빌딩 인증 대상 확대, 2050년까지 신축 건축물의 1등급 100% 달성 계획에 따라 향후 제로에너지 건축물 건설시장의 증가가 예상된다.

향후 제로에너지 빌딩 인증 대상을 주거용·상업용 이외의 공업·농업용 건물, 학교 캠퍼스 등으로 확대될 것이며, 이 경우 관련 시장의 성장이 가속화될 전망이다.

선진국에서는 친환경 인증의 적용 대상이 확대되면서 관련 건설시장이 빠르게 성장했다. 특히, 미국에서는 2000년대 중반 이후 USGBC(the US Green Building Council)의 친환경 기준인 LEED 적용을 요구하는 공공 발주자 및 일부 민간 대기업의 증가로 그린빌딩 시장이 급성장했다. 미 ENR지가 발표하는 Top 100 Green Contractors에 따르면 2006년 그린건설(sustainable projects) 매출이 89.6억 달러에서 2008년 386.9억 달러로 급성장했다.

따라서 국내 건설시장도 향후 제로에너지 빌딩 인증, 친환경건축물 인증 등 인증 대상의 확대에 따라 관련 시장이 본격 성장할 것으로 전망된다. 향후 탄소중립으로의 환경 패러다임 전환의 필요성이 점점 더 커지면서 관련 인증의 적용 대상이 지속적으로 확대될 가능성이 크며, 국내 건설기업은 이를 선제적으로 대비할 필요가 있다.

한편, 현재 공공 부문 위주로 추진되고 있는 건축 건물 그린리모델링이 향후 민간 부문으로 확대될 것으로 예상되며(향후 법적 근거 및 인센티브 마련 예상), 이 경우 그린리모델링 시장이 본격적으로 성장할 것이다. 또한, 총생애주기 관점의 탄소중립 건물 관리제도(탄소발생량 명기 의무화 등)도 예상된다. 따라서 건설기업에서는 총생애주기 관점의 저탄소 건물을 건설할 수 있는 역량이 향후 핵심역량 중 하나가 될 것이다.

또한 Scope 3까지 포함해 탄소중립을 추구하는 해외 선진건설기업의 사례처럼 선진기업이

되기 위한 중장기 탈탄소전략(탈탄소 건축자재·소재 사용, 저에너지 시공, 탄소배출 저감 건설상품 매출 비중 확대 등) 추진이 필요할 것이다. 예를 들어 Skanska는 대부분의 국내 건설기업들이 목표로 하고 있는 Scope 1, 2 영역의 탄소중립뿐 아니라 협력회사까지 포함한 전체 Value Chain과 준공 이후 운영단계까지 포함해 탄소배출 제로를 궁극적 목표로 설정하고 있다.

2.4 폐기물 부문 시나리오의 건설산업 파급효과

폐기물 부문에서는 온실가스 발생 폐기물 소각 및 매립량 감축과 건설폐기물의 높은 재활용률을 유지하는 것이 목표로 제시되었다. 건설폐기물은 이미 2018년 기준 98%의 재활용률을 유지하고 있으나 2030년까지 재활용률 99% 달성을 위한 목표가 제시되었다.

폐기물 부문 탄소중립 시나리오에 따르면 향후 건설폐기물의 지속적인 재활용과 사육 및 건설현장의 생활쓰레기 감축이 필요하다. 건설폐기물의 재활용률 목표가 2030년 NDC 상 99%이기 때문에 점진적으로 건설폐기물의 높은 재활용률을 유지해야 한다. 다만, 2050 탄소중립 시나리오상 2027년 생활폐기물 직매립률 0%를 목표로 하고

있으므로 사육 생활쓰레기, 건설현장 건설폐기물, 생활폐기물 등의 구분 및 감축이 필요하다.

3. 건설기업의 대응 전략 및 과제

탄소중립 시나리오의 건설산업 파급효과를 기초로 향후 국내 건설기업이 탄소중립 시나리오에 대응하기 위한 6개 전략과 10개 과제가 도출되었다. 대응전략은 개별 건설기업 단위의 탄소배출 감축, 건설상품 총생애주기 단위의 탄소배출 감축, 탄소중립에 따른 건설시장 변화 대응의 3가지 분야로 구분할 수 있다.

3.1 개별 건설기업 단위의 탄소배출 감축을 위한 전략 및 과제

국가의 탄소중립 목표 달성을 위한 탄소배출 감축 필요성이 증가하면서 개별 건설기업 단위에서도 탄소감축 내지 탄소중립을 달성하기 위한 전략이 필요하다. 특히 온실가스 및 에너지 목표관리제 대상 대형 건설기업에서는 적극적으로 감축 전략을 수립하거나 재생에너지 구매 등을 통해 온실가스 감축 및 에너지 절약 목표를 달성해야 한다. 최근 2~3년 동안 4~6개 대형 건설기업이 목표관리제 대상으로 지정되었는데, 향후 에너지

사용 증가에 따라 대상 기업이 증가할 전망이며, 대상 건설기업들의 탄소감축 전략 수립·이행은 필수이다. 목표관리제 대상 외 건설기업의 경우에도 앞서 살펴본 것처럼 탄소중립 시나리오에 따른 중장기 에너지 요금 인상, 재생에너지 공급확대, 탄소중립으로의 경영환경 패러다임 변화 등을 감안해 선제적인 탄소감축 전략을 수립해야 한다.

2045년 탄소중립을 선언한 Skanska와 같이 향후 국내 건설기업 중에서도 탄소중립을 선언하고 RE100⁶⁾에 가입하는 기업이 증가할 전망이다. 이는 기업이미지 개선뿐 아니라 해외 시장 진출, 유리한 자금조달, 탄소저감형 건설상품 직접 사용경험 및 기술개발, 수주 등의 선순환 효과 창출을 불러올 것이다.

개별 건설기업 단위의 탄소배출 감축을 위한

전략 및 과제(안)은 기업 보유·사용 건물 및 수송 부문, 건설현장 부문으로 크게 나뉘볼 수 있고, 내용적으로는 에너지 효율화·절약, 재생에너지 사용 비중 확대로 구분 가능하다. 특히, 건설기업이 보유하거나 사용하고 있는 건물의 냉난방 및 조명설비 에너지 효율 개선·절약, 사육 그린리모델링 혹은 제로에너지 빌딩 건축 등을 검토할 수 있다. 건설현장에서는 공사용 및 현장시설 에너지 효율 개선·절감, 탄소배출 감축이 가능한 것으로 알려진 OSC(Off-Site Construction)공법을 비롯한 에너지 감축 시공 방식 도입, 건설폐기물 감축 방안의 도입 등을 검토할 수 있다. 개별 건설기업 단위의 탄소배출 감축을 위한 전략 및 과제 후보(안)을 요약하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 개별 건설기업 단위의 탄소배출 감축을 위한 전략 및 과제 후보(안)

전략	과제 후보(안)	
	건물 에너지 효율화	냉난방설비 에너지효율 개선, LED조명 설치, 단열재 보수, 에너지이용 최적제어 통합관리시스템(BEMS) 활용, 건물 전체 그린리모델링, 제로에너지 사육 건축/이전
건물 및 수송수단의 에너지 절감 및 재생에너지 비중 확대	건물 에너지 절약	실내 조명 및 외부 조명(간판 등) 운영시간 단축, 냉난방 온도준수 및 운영시간 단축, 전 직원 에너지 절약 캠페인 전개
	건물의 재생에너지 사용 비중 확대	사육 등 보유 건물에 태양광 발전설비 구축 및 에너지저장장치(ESS) 설치, 재생에너지 전력구매계약(PPA) 체결, 재생에너지 프로젝트 참여(지분 및 시공 참여) 후 전력구매계약 체결
	수송수단 에너지 효율 개선	전기차/하이브리드카 비중 및 이용 확대
	수송 에너지 절감	공유차 및 카풀제도 운영, 대중교통 이용 캠페인, 수송수단 활용 쿠폰제 등 에너지 절감운동 전개
건설현장의 에너지 절감 및 폐기물 감축	현장시설 에너지 효율화/절약	냉난방설비 에너지 효율 개선 및 절약(온도준수 등), 태양광판넬 설치, 저에너지 현장사무소 사전 제작 및 재사용(태양광판넬, 단열재 보강 등이 된 이동식 사무실 제작 및 다수 현장 재사용)
	공사용 에너지 효율화/절약	PC공법, 모듈러 등 OSC공법 적용, 기타 저에너지 시공법 개발/적용
	건설폐기물 감축	건설폐기물 분리 배출(재활용품, 생활쓰레기 분리), 건설폐기물 재활용 시도

6) RE100(Renewable Energy 100%)이란 2050년까지 100% 재생에너지 전력 사용을 약속한 영향력 있는 기업들이 한데 모여 기업의 재생에너지 수요와 공급을 크게 늘리기 위해 협력하는 글로벌 이니셔티브이며, 2014년에 국제 비영리 단체인 The Climate Group과 CDP(Carbon Disclosure Project)가 연합하여 개최한 2014년 뉴욕 기후주간에서 처음 발족되었음.

<표 2> 탄소중립 시나리오에 따른 국내 건설기업의 대응전략 개요

구분	전략	주요 내용
개별 건설기업 단위 탄소배출 감축	· 건물 및 수송수단의 에너지 절감 및 재생에너지 비중 확대 · 건설현장의 에너지 절감 및 폐기물 감축	· 건물/수송수단/건설현장의 에너지 효율화 및 절약 · 건물/수송수단/건설현장의 재생에너지 비중 확대 · 건설현장의 폐기물 감축
건설상품 총생애주기 단위 탄소배출 감축	· 탄소감축 자재 구매비중 확대 · 탄소배출 저감 건설상품 솔루션 제공 역량 강화	· 저탄소 지재생산 업체 네트워크 구축 및 지재구매 비중 확대 · 고탄소 건설자재 대체 자재/공법 발굴 · 탄소배출 저감 건설상품 관련 핵심 엔지니어링 역량 배양 · 건설자재 탄소발자국 DB 구축/분석
탄소중립에 따른 건설시장 변화 대응	· 탄소중립 환경 하의 신성장 시장 진출 · 탄소중립 환경 하의 감소시장 전략적 대응	· 에너지 전환에 따른 성장시장 대응 · 탄소배출 저감 건설상품 시장 대응 · 화석연료사용 발전플랜트 사업역량의 전략적 축소

3.2 건설상품 총생애주기 단위의 탄소배출 감축을 위한 전략 및 과제

2050 탄소중립 시나리오에 따라 향후 제로에너지 빌딩 등 저탄소 건설의 필요성이 증가하면서 개별 건설기업 단위뿐 아니라 총생애주기 단위에서의 건설 탄소배출의 감축 전략이 필요하다. 특히, 국내 건설기업이 저탄소 건설상품 시장에서 경쟁우위를 확보하기 위해서는 개별 건설기업의 범위를 넘어선 Scope 3, 즉 건설상품 총생애주기 단위에서 탈탄소 전략이 필요하다. 예컨대 건설생산 과정 중 탄소(embodied carbon) 배출이 적은 자재 사용, 준공 이후 운영단계에서 탄소(operational carbon) 배출이 적은 건설상품(제로에너지 빌딩 등)이 필요하다는 점에서 개별 기업의 범위를 넘어선 Scope 3 영역의 탈탄소화 전략을 추진해야 한다.⁷⁾

구체적으로, 건설상품 총생애주기 단위의 탄소배출 감축을 위한 전략 및 과제(안)은 탄소감축 자재구매 비중 확대와 탄소배출 저감 건설상품의

솔루션 제공 역량 강화로 구분할 수 있다. 특히, 내재 탄소(embodied carbon)를 감축한 건설자재 생산기업과 협력관계를 강화하여 탄소감축 자재의 구매 비중을 확대하는 것이다. 아울러 건설자재 중 탄소배출 비중이 높은 철강재, 시멘트 생산 기업 중 탄소감축 기술 보유 업체, 저탄소 자재생산 업체(슬래그 시멘트, 저탄소 콘크리트 등)와 네트워크를 구축하여 탄소배출량 감축 자재구매 비중도 확대해야 한다. 요컨대 저탄소 건설자재 생산업체와 협력관계를 강화하여 대체 자재 및 생산업체를 지속 발굴하는 것이 필요하다.

또한, 탄소배출 저감 건설상품의 솔루션 제공 역량 강화는 건설상품 탄소배출 감축을 위한 핵심 엔지니어링 역량을 확보하여 협력 네트워크를 구축하고 운영하는 전략이다. 해당 건설상품은 제로에너지 빌딩, 패시브주택, 장수명 건축물 및 인프라, 에너지 저감형 인프라, 온실가스 감축 도시개발·교통체계 구축 등이 있다. 동 건설상품의 시공 경쟁우위 확보를 위해 해당 상품 투입 자재를 비롯한

전체 건설자재의 탄소발자국(carbon footprint) DB 구축 및 활용(생애주기 시뮬레이션 등) 역량과 탄소저감 건설상품의 핵심 설계·엔지니어링 역량이 확보되어야 한다. 건설상품 총생애주기 단위의 탄소배출을 위한 전략 및 과제 후보(안)을 요약하면 <표 4>와 같다.

3.3 탄소중립에 따른 건설시장 변화 대응을 위한 전략 및 과제

탄소중립 시나리오 추진에 따라 예상되는 건설시장은 변화(특정 건설상품 성장/감소)에 대응하기 위한 전략을 수립·이행해야 한다.

앞서 살펴본 것처럼 탄소중립 시나리오에 따라 성장이 예상되는 시장은 에너지 전환에 따른 신재생에너지 플랜트와 제로에너지 빌딩 등 탄소배출 저감 건설상품이다. 특히, 건설기업이 태양광, 풍력 등 재생에너지 발전플랜트에 참여(지분참여, 공사시공 등)함으로써 실적 개선뿐 아니라 Scope 1, 2 영역 탄소감축이 가능한 재생에너지를 확보할 수 있는 장점이 있다. 또한 탄소배출 저감 건설상품 중 제로에너지 빌딩이

민간 건축물에 적용되는 2025년 이후 시장 성장이 예상된다. 탄소저감 건설상품에 성공적으로 진입하기 위해서는 두 번째 전략에서 살펴본 바대로 솔루션 제공 역량 확보 및 협력 네트워크 구축이 중요하다.

반면, 2050 탄소중립 시나리오에 따라 향후 석탄화력발전소의 추가 건설은 사라질 전망이며, LNG발전소도 당초 계획과 달리 감소할 수 있다. 앞서 살펴본 대로 2050 탄소중립 시나리오에 따라 현재 공사 진행 중인 석탄화력발전소 외에는 추가 발주는 없을 전망이다. 전력수급기본계획에 포함된 LNG발전소 24기도 2050 탄소중립 시나리오와 최근 지역주민 반발 등을 고려할 때 향후 발주가 감소될 수 있다.

국내 건설기업은 향후 화석연료 사용 발전플랜트 사업과 관련된 자원 배분을 축소하되, 2030 NDC와 2050 탄소중립 시나리오 내용처럼 급격하게 에너지 전환을 이루기 어려운 현실 상황, 향후 전력수급기본계획 변화, 해외시장 동향 등을 종합적으로 고려하여 전략적으로 자원 배분을 축소하는 것이 바람직할 것이다. 🇰🇷

<표 4> 건설상품 총생애주기 단위의 탄소배출 감축을 위한 전략 및 과제 후보(안)

전 략	과제 후보(안)
탄소 배출량 감축 자재 구매 비중 확대	· 저탄소 자재생산 업체 및 탄소감축 기술 보유 업체와 네트워크 강화 통한 탄소배출량 감축 자재구매 비중 확대(슬래그 시멘트, 저탄소 콘크리트 등) · 고탄소 건설자재의 대체 자재/공법 지속 발굴 · 협력업체와 탄소감축 자재 개발을 위한 협업 및 기술개발 지원 · 탄소감축 기술 보유 기관/벤처기업 등과 협력관계 구축 및 지원
탄소배출 저감 건설상품 솔루션 제공 역량 강화	· 건설자재 탄소발자국(carbon footprint) DB 구축 · 탄소발자국 DB 활용 건설상품 및 생애주기 단계별(운영단계, 철거단계 등) 탄소배출량 시뮬레이션 모델 구축 · 탄소저감 건설상품별(저에너지빌딩 등)의 투입 자재 DB 구축 및 관련 생산업체 네트워크 확보 · 탄소저감 건설상품의 핵심 설계/엔지니어링 역량 사내 보유 혹은 자회사 확보 · 협력업체와 탄소저감 건설상품 투입 자재 공동 개발 및 기술개발 지원 · 탄소저감 건설상품 핵심 자재의 대체 자재 및 생산업체 지속 발굴 · 탄소저감 건설상품 핵심 자재 기술보유 기관/벤처기업 등과 협력관계 구축 및 지원

7) 건축물의 탄소배출은 원자재 생산, 운송, 시공, 보수 철거과정의 배출 탄소를 의미하는 내재 탄소(embodied carbon), 준공 이후 건물의 운영에서 배출되는 운영 탄소(operational carbon)로 구분할 수 있으며, 운영 탄소배출량이 더 많다.

<표 5> 탄소중립에 따른 건설시장 변화 대응을 위한 전략 및 과제 후보(안)

전 략	과제 후보(안)
탄소중립 환경하의 신성장 시장 진출	· 에너지 전환에 따른 성장시장 대응 ▷ 태양광, 풍력(부유식 해상풍력 포함) 등 재생에너지 발전플랜트, 수소 또는 수소-LNG 혼합 연료를 사용하는 수소 기반 발전플랜트, SMR 등 혁신형 원전플랜트 등 성장/회복 시장 대응 ▷ 해당 성장시장 대응으로 실적 확보뿐 아니라 전력구매계약(PPA)을 통해 Scope 1, 2 영역의 탄소배출 감축도 가능 · 탄소배출 저감 건설상품 시장 대응 ▷ 제로에너지 빌딩, 패시브주택, 장수명 건축물 및 인프라, 에너지 저감형 인프라, 온실가스 감축 도시개발/교통체계 구축 등 성장 시장 대응 ▷ 탄소저감 건설상품의 솔루션 제공 역량 확보 및 협력 네트워크 구축이 중요
탄소중립 환경하의 감소 시장 전략적 대응	· 석탄화력발전소 추가 발주 중단 대응 · LNG발전소 전력수급기본계획 대비 발주 축소 대응 · 화석연료 사용 발전플랜트 사업역량의 전략적 축소

특집 02

탄소중립시대 탈탄소 도로정책 방향 제안

권수안 | 한국건설기술연구원 선임연구위원

1. 서론

1.1 지구온난화와 국제 협정

지구온난화는 인간이 인위적으로 배출한 온실가스로 인해 전 지구 평균 지표온도(Global Mean Surface Temperature, GMST)가 상승하는 것을 의미한다. 온도 상승으로 발생하는 해수면 상승 등으로 기후 시스템이 변화하고 있으며, 이로 인해 폭염, 폭우, 태풍 등의 기후 영향이 빈번하게 발생하고 있다. 특히, 산업화 이후 2000년대 초까지 지구온도가 0.87℃ 상승하였다고 발표하였다.

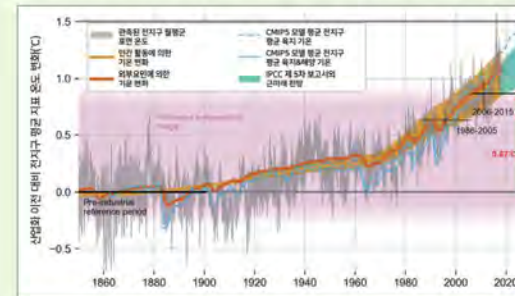
국제사회는 1979년 지구온난화에 대한 경고가 나온 뒤 이를 막기 위한 국제적 논의가 시작되었다. 1987년 스위스 제네바에서 열린 제1차 세계기상회의에서 정부 간 기후변화패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)을 결성했으며, 1992년 6월 브라질 리우에서 “기후변화에 대한 국제연합 기본협약(United Nations Framework Convention on Climate, UNFCCC)”을 체결하였다. 당시에는 강제사항이 없는 협약

이었기 때문에 실질적 시행령을 작성한 1997년 교토의정서가 많이 인용되었다. 교토의정서는 기후변화 협약의 목표를 달성하기 위한 구체적 의무사항을 명시했을 뿐 아니라 6대 온실가스를 규정하였으며, 특히 선진국에 구속력있는 온실가스 감축목표를 규정한 의미 있는 협약이었다.

2015년에는 기존 교토의정서 체제의 한계를 극복하고 선진국과 개발도상국이 모두 참여하는 새로운 기후변화 대응체계로써 “파리협정”을 채택하였고, 산업화 이전 대비 지구 평균상승 온도를 2℃ 보다 아래로 유지하고, 나아가 1.5℃로 억제하기 위한 노력을 목표로 하였다. 파리협정의 목표를 달성하기 위해 IPCC는 2018년에 1.5℃ 특별보고서를 발간하였으며, 전 지구적으로 2050년까지 탄소중립을 달성해야 한다는 경로를 제시하였다. 이를 계기로 기후행동 정상회의 등을 비롯해 탄소중립에 대한 국제사회 논의가 확산되고 있다.

탄소중립(Carbon Neutrality)이란 인간의 활동에 의한 온실가스 배출량을 최대한 줄이고, 남은

〈그림 1〉 산업화 이전 대비 관측된 전 지구 월평균 지표 온도 변화¹⁾



온실가스는 흡수·제거해서 실질적인 배출량을 0(Zero)으로 만드는 것을 의미한다. 최근 빌 게이츠의 ‘기후재앙을 피하는 법’이라는 저서에서는 “전 세계 온실가스 배출량을 이산화탄소 배출량으로 환산한 이산화탄소환산톤(Carbon Dioxide Equivalents)으로 측정하면 약 510억 톤 정도이며, 매년 산업화 발전에 따라 지속적으로 증가하고 있다”고 하였다. 또한 전 세계 온실가스 배출원의 구성을 다음과 같이 표현하였다.²⁾

- 전기생산 : 510억 톤의 27%
- 제조 : 510억 톤의 31%
- 사육과 재배 : 510억 톤의 19%
- 교통과 운송 : 510억 톤의 16%
- 난방과 난방 : 510억 톤의 7%

1.2 국제 협정에 적극적으로 대응해야 하는 이유

지구온난화에 대한 피해는 크게 두 가지로 나누어 생각해 봐야한다. 하나는 인간의 기본 인권에 대한 피해이고, 다른 하나는 국가의 산업적·경제적 영향 측면이다.

인권에 대한 피해는 생명권, 생계권, 건강권, 식량권, 물권리, 위생권, 주거권, 복지권, 교육권

등 우리 사회의 모든 권리에 침해를 입기 때문에 이에 대한 적극적 대응이 필요하다는 것이다. 예를 들어 우리는 매년 태풍과 폭염 등으로 사망 또는 실종 등의 피해를 입는데, 2011년~2019년 폭염에 의한 사망자는 134명이라고 한다. 최근 들어서는 코로나19 팬데믹으로 2022년 2월까지 사망자가 8,000여 명이 발생하고 있으며 언제 종식될지도 모르는 상황이다. 또한, 바닷물의 온도가 상승하면 우리나라에 서식하고 있는 어종들이 변하고, 식물, 과일 등의 생산량도 변하게 된다. 현재 한국은 물 부족 위험국가 55위인데, 지구 온도가 2℃ 상승하게 되면 전 세계적으로 10억 ~ 20억 명이 물 부족을 겪을 것으로 추산된다. 이렇듯 기후 변화는 우리 생활의 모든 분야의 권리와 인권에 대해서 직접적으로 영향을 준다.³⁾

산업적·경제적 측면에서 보면 모든 산업에서 직접적으로 영향을 받는다. 유럽과 미국을 중심으로 글로벌 규제가 강화됨에 따라 경제 질서가 재편될 움직임이 있다. 반면, 우리나라는 제조업 비중이 28.4%로 철강, 석유화학 등의 주력 산업이 탄소 다배출 업종이다. 에너지원 구성 측면에서도 석탄발전 비중이 40% 이상을 차지하여 탄소중립 이행과정 중에 산업경쟁력 약화, 일자리 감소 우려가 있다. 한편 EU는 ‘탄소 국경세’를 도입하여 자동차 배출규제 상향, 플라스틱세 신설 등을 추진하고 있기 때문에 수출을 위주로 경제를 운영하는 우리나라 입장에서는 상당한 타격이 예상되므로 이에 대한 적극적인 대비가 필요하다.

1) 기상청(2019), 지구온난화 1.5℃, 기상청

2) 빌 게이츠(2021.3), 기후재앙을 피하는 법, 김영사

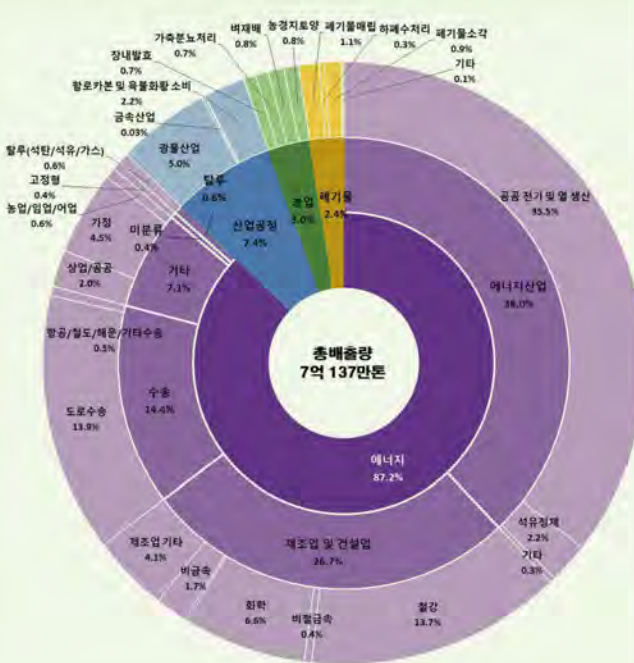
3) 조효제(2020.12), 탄소사회의 종말, (주)북이십일 21세기북스

2. 국내외 탄소중립 추진 전략 및 정책

2.1 국내 정책

2018년 10월 IPCC가 지구 온도 상승을 섭씨 1.5℃ 이내로 유지하기 위해 세계 모든 국가들이 2050년까지 탄소중립을 달성해야 한다고 발표함에 따라 우리나라도 적극적으로 대응을 하였다. 환경부 발표에 따르면, 우리나라에서 발생하고 있는 온실가스 배출량은 2019년 기준 7억 137만 톤이다. 이 중 도로분야와 주로 관련된 것은 수송 분야와 제조업 및 건설업 분야이다. 특히, 도로수송은 당연히 도로를 주행하는 자동차가 될 것이고, 제조업 및 건설업 분야는 도로건설 및 관리에 사용되는 시멘트, 아스콘, 철근 등 주요 자재의 생산 및 시공이 포함될 것이다.

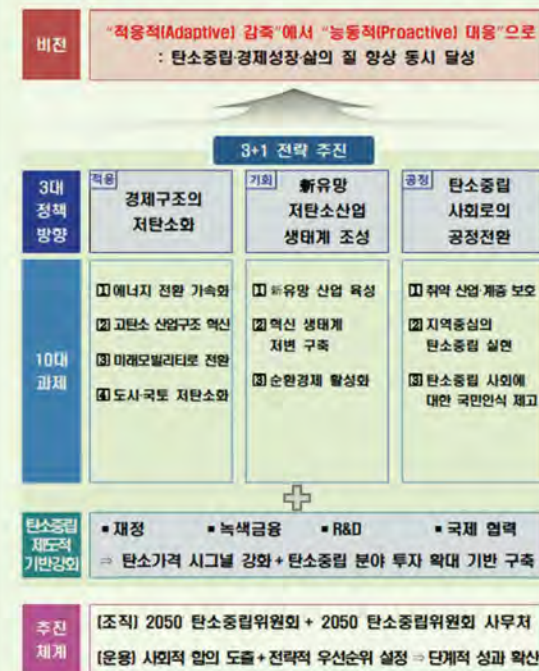
〈그림 2〉 국가 온실가스 배출량 비중(2019년 기준)⁴⁾



4) e-나라지표(2022), 국가온실가스 배출량 비중

우리나라 정부는 2020년 12월 관계부처 합동으로 '2050 탄소중립 추진전략'을 발표하였으며, 탄소중립이 불가피한 이유, 탄소중립을 위해 해야 할 것, 탄소중립 추진전략 등의 계획을 제시하였다. 비전으로는 '적응적(Adaptive) 감축에서 능동적(Proactive) 대응으로 : 탄소중립·경제성장·삶의 질 향상 동시 달성'을 제시하였으며, 이를 실행하기 위한 방안으로는 '3+1 전략'을 제시하였다. 본 계획에 따라 대통령령에 의해 '2050 탄소중립 위원회'가 설립되었으며, 위원회에서는 탄소중립사회의 시행 및 녹색성장 추진을 위한 주요 정책·계획 등 관련 사항을 심의·의결하는 역할을 수행한다. 연이어 2021년 8월에는 세계 14번째로 2050 탄소중립을 이행하기 위한 '기후위기

〈그림 3〉 2050 탄소중립 추진 전략(2020.12. 관계부처 합동)



대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(약칭, 탄소중립기본법)'이 국회를 통과하였다. 법 제정에 따라 국가 주요계획과 개발사업 추진 시 ① 기후변화 영향을 평가하는 기후변화영향평가제도 ② 국가예산 수립 시 온실가스 감축 목표를 설정하고 점검하는 온실가스 감축 인지 예산 제도 ③ 기후대응 기금 제도 등이 추진될 예정이다. 아울러 우리나라의 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 2018년 대비 40%로 대폭 상향하여 2030년에는 4억 3,660만 톤으로 줄일 계획이라고 밝혔다.

2.2 해외 정책

2015년 파리 기후변화 협정에 따라 각 국가에서는 다양한 법과 제도 등이 추진되고 있다. 특히 파리협정은 모든 국가들이 지향해야 할 3대 목표를 제시하고 있다. ① 21세기 말까지 산업화 이전 대비 지구평균 온도 상승을 2℃보다 아래로 유지해야 하고, 1.5℃까지 제한하도록 노력 ② 기후변화에 대한 적응력과 회복력 증진 ③ 금융 흐름을 저탄소 기후 탄력적 발전에 부합하도록 함 등을 제시하였다. 그리고 각국은 5년마다 국가온실가스감축목표(NDC)를 제출하여 이행 여부를 점검하도록 하고 있다. 이에 따라 스웨덴, 프랑스, 독일 등 EU국가와 영국, 일본 등 주요 선진국 등에서는 탄소중립을 이행하기 위해 법제화를 추진하였으며, 각 국가별로는 기업 및 시민사회의 참여를 독려하기 위해 민·관 협력 체계를 구축하고 있다. 예를

들어, 미국의 구글에서는 전 세계 지방정부와 제휴를 맺고 기후관련 과학기술을 제공하고 있으며, EU는 유럽연합위원회의 녹색소비 서약에 서명, 캐나다는 마이크로소프트와 협업하여 지속가능한 발전 및 기후행동 연구 등을 추진하고 있다.

특히, EU는 2019년 12월 탄소중립을 목표로 '유럽 그린딜'을 발표하였으며, 10년 간 1,400조 원을 투자해 그린 산업을 육성하겠다고 밝혔다. 또한 프랑스 탄소중립 선두주자로 주목받는 보르도 도시에서는 전기트램을 설치하고 자전거 도로를 확충하는 등 지속가능한 도시로 거듭나기 위해 노력하고 있다. 영국에서도 세계 최고의 해상풍력단지를 건설하여 해상풍력 발전량 1위를 차지하고 있으며, 이를 이용한 일자리까지 창출하고 있다.⁵⁾

도로건설 및 유지관리 분야에서 EU는 녹색발주제도(Green Public Procurement)를 도입하도록 관련 지침을 제시하여 운영 중이며, 유럽 연합 전체 발주의 50%를 목표로 하고 있다.⁶⁾ 대표적인 재료로 도로포장(표층, 기층 등)에 사용되는 재할용 포장, 증온아스팔트 포장(WMA, Warm Mix Asphalt), 상온아스팔트 포장(CMA, Cold Mix Asphalt), 보조시멘트재료(SCM, Supplementary Cementitious Materials), 가로등, 교통신호등, 차선 마킹, 교통관제시설 등이 포함되어 있다.

산업계에서도 RE100(Renewable Energy) 캠페인이 추진되고 있다. 기업에서 사용하는 전력을 100% 재생에너지로 조달하는 것으로 애플

5) KBS(명견만리)제작팀(2021.5), 명견만리-우리가 만들어갈 미래의 가치를 말한다, 인플루언셜

6) Elena Garbarino, etc.(June 2016), Revision of Green Public Procurement Criteria for Road Design, Construction and Maintenance, JRC Science for Police Report, European Commission

등 전 세계 글로벌 기업들이 RE100에 동참하고 있다. 이와 연계하여 유럽에서는 앞서 언급한 ‘탄소 국경세’ 제도를 적극 도입하여 온실가스 배출량이 많은 국가의 수입품에 더 많은 관세를 부과하는 조세 정책을 추진하고 있다.

3. 도로분야 탄소중립 관련 기술개발 현황

3.1 생산 및 시공 측면

도로건설 분야에서 가장 많이 사용되는 주요 부자재는 철근, 시멘트, 아스팔트 등이며, 현장에 따라 상이하겠지만 수백에서 수천 종류의 자재들이 사용되고 있다. 특히, 건설소재 및 자재 생산에 따른 온실가스 발생뿐만 아니라 절토·성토운반, 포장공사 등 시공 중에도 온실가스가 발생한다. 그동안 도로분야에서는 주로 포장 분야에서 주로 탄소중립 관련 연구가 수행되어 왔다. 특히, 지금까지 사용되어왔던 가열아스팔트 포장(HMA, Hot Mix Asphalt)은 혼합물을 160℃ 내외에서 가열하여 생산하고 시공한 공법인데, 이때 발생한 온실가스를 저감시키기 위해 온도를 30℃ 내외로 저감시켜 생산 및 시공하는 중온아스팔트 포장(WMA, Warm Mix Asphalt) 공법의 연구와 실용화가 주로 수행되어 왔다. 중온아스팔트 포장 공법은 기존에 사용되던 다양한 가열아스팔트를 완전히 대체할 수 있는 기술로 전 세계적으로 매우 활성화되고 있는 상황이다. 더 나아가 아스팔트 포장의 혼합물을 상온에서 생산, 시공할 수 있는 상온아스팔트 포장(Cold Mix Asphalt) 공법도 개발되어 실용화 중이다. 현재는 일반 아스팔트 포장의 중간층, 기층 정도까지 적용이 가능하다고 알려져 있다.

시멘트 콘크리트 혼합물에 있어서도 시멘트를 대체하는 연구가 많이 수행되어 왔다. 일반적으로

시멘트 콘크리트 혼합물에 사용되는 시멘트 1톤을 생산하기 위해서는 0.87톤의 이산화탄소가 발생하기 때문에 대표적인 CO₂ 발생 산업으로 알려져 있다. 따라서 시멘트를 적게 사용하기 위한 연구와 시멘트 생산 시 CO₂ 발생을 억제하는 연구 등이 진행되고 있는 상황이다. 시멘트를 대체하기 위한 재료로 플라이애쉬, 메타카올린, 슬래그 등과 같은 SCM(Supplementary Cementitious Materials)이 대표적이며, 구조물에 따라 시멘트 대체 사용량이 20 ~ 50% 내외로 알려져 있다.

이외에도 철근, 시멘트, 아스팔트 등 자재를 생산하는 제조공장에서 수소를 활용하는 방법이 있다. 즉, 도시가스를 활용하여 수소를 생산하여 제조공장에 전기나 열을 공급하여 자재를 생산하는 연구 등이 진행되고 있으며, 건설기계에서도 유압과 디젤엔진 대신 전기를 활용해 탄소배출과 소음을 저감시킨 장비들이 개발되고 있다.

3.2 운영 및 관리 측면

도로운영 측면에서 탄소중립을 위한 대표적인 사업은 수소·전기차 충전소 설치 사업과 도로 유희부지 또는 도로변 부대시설 태양광 설치 사업 등이 있다. 앞으로 수소·전기차의 지속적인 보급을 위해 무선충전 시스템 및 관련 차량이 점차 확대될 것이며, 도로 주변 태양광 발전 사업도 늘어날 것이다.

또한, 도로의 기하구조, 평탄성, 교통 지정체 등도 이산화탄소를 발생시키는 주요 요인이다. 하지만 도심지 도로의 교통 신호관계 등으로 연료소모량 및 오염물질의 발생을 저감시킬 수 있을 것이다. 관련하여 최은진(2021.12) 등은 도로의 구조와 주행특성에 따른 연료 소모와 CO₂ 배출 특성 연구를 통해 평면선형, 종단선형, 곡선반경의

변화로 차량의 주행 속도와 평균 연료 소모량이 변화된다는 것을 발표하였다.⁷⁾

4. 탄소중립 도로를 위한 정책 제언

기후위기를 다함께 벗어나기 위해서는 도로산업 분야에서도 탄소중립을 추진해야 하는 운명이다. 도로산업 분야에서 탄소중립을 위한 제도적, 기술적, 교육적 측면을 다음과 같이 제안하고자 한다.

4.1 탄소중립 도로 등급제 도입

① 도로설계 및 건설 시 해당 도로의 탄소발생량이 어느 정도 되는지 평가하고, 이를 등급화하여 나타낼 수 있는 ‘탄소중립 도로 등급 제도’의 도입을 제안한다. 이를 위해서는 도로건설 및 시공 시 사용하는 자재, 장비, 공법 등 CO₂가 어느 정도 발생하는지 정량화해야 한다.

② 최근 들어 새로운 재료, 공법 등이 지속적으로 개발되고 있지만, CO₂ 발생량을 객관적으로 인증하는 기관이나 체계가 없다. 이에 따라 개발자도 현장 기술적용이 어렵고, 발주기관도 사용이 어려운 실정이므로 이를 위한 인증 체계가 필요하다.

③ 도로운영 및 관리 측면에서도 현재 도로의 CO₂ 발생량뿐만 아니라 향후 유지관리를 하거나 개선할 때에도 CO₂ 감소량 등을 알 수 있도록 기존 도로에도 등급제도가 필요하다.

4.2 탄소중립형 도로건설 공법 개발 및 활성화 추진

① 기존 CO₂ 저감을 위한 태양광 방음벽, 저탄소

중온아스팔트 포장 등 다양한 연구와 공법들이 개발되었다. 하지만 기존 공법과 개발된 공법의 탄소발생에 대한 정량적 평가를 실시하여 현장 적용에 미진한 이유 등을 검토해야 한다.

② 현재까지 도로건설에 사용되어 온 모든 건설재료 및 공법 등은 앞으로 탄소중립형 재료로 점진적으로 대체해야 할 것이다. 이를 지원하기 위해 EU의 ‘녹색발주제도’와 같이 발주기관에서의 탄소중립형 건설 재료와 공법을 우선 사용해야 하며, 동시에 도로건설 분야에서도 재료 생산공장에서 신재생에너지 활용을 촉진하는 RE100 운영 지원 방안 등을 추진하는 것을 권장한다.

③ 새로운 공법을 개발할 때에는 디지털 분야와 화학적 분야를 반영한 융·복합 기술 개발을 권장한다. 최근 들어 AI가 활성화되고 있고, 모니터링 등을 위한 센서 비용도 저렴하여 과거에 비해 훨씬 경제적으로 적용할 수 있다.

4.3 인재양성 및 교육체계

전 세계적으로 탄소중립에 대한 이슈로 상당히 많은 자재와 공법 등이 다양한 산업과 융·복합하며 개발되고 있어 기존 엔지니어가 따라가기 쉽지 않다. 따라서 신규 인력에 대한 교육 체계도 중요하지만 기존 엔지니어에 대한 교육도 매우 필요한 실정으로, 전문가 교육 체계에서 탄소중립과 디지털 부분을 적극적으로 반영하는 것을 권장한다. 

7) 최은진(2021.12), “탄소중립형 도로설계를 위한 도로의 구조와 주행특성에 따른 연료소모량 및 CO₂ 배출 특성 연구”, 한국도로학회 논문집 제23권제4호, 한국도로학회

특집 03

탄소중립 플러스(+)를 향한 담론, 지속가능한 공공도로 인프라 추진 전략

이규진 | 아주대학교 TOD기반지속가능도시 교통연구센터 연구교수
김윤수 | 서울연구원 명예연구위원

1. 들어가며

1.1 미래 교통체계 변화, 무엇이 달라지는가?

현대 산업사회의 총아(寵兒)라고 할 수 있는 자동차 교통수단은 이동성, 다양성, 개인화 등 몇 가지 요인들에 의해 교통시스템 전반에 걸쳐 진화하는 모양새다. 이는 인적·물적 이동의 안전과 효율을 강조하는 교통계획 본래의 관심사항은 물론이고, 나아가 사회·문화적 변화·진화요구와 관련이 있다.

한편, 이는 교통수단 이용 과정에서 대기오염물질과 온실가스 배출, 에너지 소비 등에 따른 인체 건강피해 및 기후위기 대응 과제와 중첩되고 있다. 이에 더해 사람과 공공도로체계 간 공생·조화, 공정·정의와 함께하는 보행약자 보호, 개인 위주의 교통수단(Personal Mobility) 보급·이용 확대 등 포용사회에서 논의되는 사회·문화적

영향의 흡수도 한몫하고 있다.

미래교통에서 수용되어야 하는 담론을 고려할 때¹⁾, 교통시스템의 전반에 걸쳐 진화된 모습은 결과적으로 '지속가능한 교통체계 구축·운영'이라는 주제로 연결되고, 이는 자연스럽게 '탄소중립'과 밀접한 관련이 있다. 이같이 저탄소 사회로 전환하기 위해 교통체계 대상 실험·확산 단계에서 '탄소중립을 향한 공공도로 인프라 추진 기본전략'에 관심이 모아지고 있는 이유이기도 하다.

1.2 교통체계의 변화, 도로 공간의 진화와 공존이 가능한가?

탄소중립은 30여 년에 걸쳐 만들어진 지구 1.5℃ 기후안정화를 위한 국가 간 협약이며 필수 실천 사항이다. 그만큼 탄소중립 파고(波高) 속에서 현명한 판단과 대응이 미래 국가 경쟁력을 좌우

하는 가늠자가 될 것이다.

우리나라는 2020년 10월 '2050 탄소중립' 목표를 선언하고, 2021년 10월 국무회의에서 '2050 탄소중립 시나리오'와 '2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution; NDC)' 심의·확정, 제26차 UN 기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 대외 공표하였다. 유럽연합·미국 등에 비해 탄소중립의 '선언-확정'에 이르기까지 1년 만에 결정하여 한국형 탄소중립 가치실현을 선도하겠다는 의지를 보인 것으로 판단된다. 하지만 30여 년 동안 진행되는 탄소중립 여정에서 예기치 못한 난관들에 대한 대응능력 확보, 탄소중립 경로(path)의 탄력적 응용, 탄소중립 플러스(+) 효과에 대비하는 확장형 정책 선택 등에 대한 유비무환 자세가 필요하다.

최근 유럽연합(EU)에서는 사람과 공공도로 운영 간 공존하는 도로생태계 회복 캠페인이 활발하게 전개되고 있다. 이 같은 사례를 통해 교통부문의 탄소중립을 확장하는 효과를 창출하기 때문에 도로 공간의 진화와 탄소중립 간 공공도로 인프라 추진 의미를 살펴보는 안목이 필요하다.

본 논문에서는 정부의 탄소중립 가치실현을 위한 교통부문의 탄소중립 로드맵을 전반적으로 살펴보고, 나아가 탄소중립 동력원 확보 차원에서 미래 교통체계의 변화, 도로공간의 진화 등을 연계하여 공공도로 인프라 추진전략을 제시하고자 한다. 특히 탄소배출 감축과 에너지 전환뿐만 아니라 교통체계 운영에 따른 안전, 보행약자 보호, 건강 등의 가치를 포함한 탄소중립 플러스(+) 효과 창출에 대해서도 간략히 알아보고자 한다.

2. 탄소중립을 향한 공공도로 인프라 추진 논의동향

2.1 탄소중립과 교통체계의 역할, 주요 쟁점 해결이 관건

2021년이 우리나라 탄소중립 사회로의 전환을 공개하는 한해였다면, 2022년은 탄소중립 실천의 첫걸음 원년이다. 2015년 파리협정 이후 탄소중립은 더 이상 회피할 수 없는 역사적 흐름이고, 지구촌 상생 책무인 것은 분명하다. 이런 의미에서 '지구적으로 생각하고, 지역적으로 행동하라(Think Globally, Act Locally)' 문구는 1960년대 이후 환경·생태보전 우선주의, 기후환경변화 대응 패러다임을 거치면서, 국제사회에서 탄소중립을 재촉하는 경구(警句)로서 단연 어울린다. 이는 국가 간 탄소중립 실천 및 협력 지원으로 2015년 파리협정에서 논의·채택된 지구 평균온도 1.5℃ 상승 억제 목표 달성을 위해 2050 탄소중립에 이르도록 하는 것이다. 이 문구를 우리나라 탄소중립 버전으로 바꿔보면 여전히 유효하다. 나아가 국가의 탄소중립 전략으로 치환하면, 지속가능한 교통체계 운영은 국가 탄소중립 가치실현을 위한 하나의 기본전략에 해당된다.

그러나 교통부문의 탄소중립 추진과제는 탄소배출 감축을 위해 에너지 전환 중심으로 선정 및 집행될 예정이기 때문에 탄소중립의 실천동력이 약화되기 쉬울 수 있다. 따라서 안전, 보행약자 보호, 건강 등 탄소중립 플러스(+) 효과 창출을 감안하기 위해서는 교통부문의 폭넓은 과제선정이 필요하다. 이에 맞춰 탄소중립 플러스 효과를 향한 공공도로 인프라 추진전략은 탄소중립 플러스 창출 담론 수용 차원에서 검토되어야 한다.

1) 그밖에 미래교통의 담론으로는 자율주행, IoT(사물인터넷) 기반 교통·환경·에너지·온실가스 정보 수집·활용, 저탄소 집중관리구역 지정·운영 등이 있을 수 있다.

2.2 지속가능한 교통정책, '탄소중립 플러스(+)' 가치 실현

국토교통부에서 공개한 '탄소중립 로드맵'(2021.12)을 살펴보면,²⁾ 국민의 삶(생활공간, 이동)과 관련된 국토교통(건물·수송) 부문의 온실가스 배출은 우리나라 탄소 총배출량(7억 2,760만 톤 CO₂eq)의 21% 수준이다. 특히, 탄소 배출량의 13.7%(98백만 톤)인 수송부분은 차량·항공기 등의 화석연료(휘발유·CNG 등) 사용에 따른 배출로 차량이 95% 이상이며, 철도·항공은 상대적으로 낮다. 수송부분의 탄소감축 계획은 2018년 대비 2030년까지 37.8% 감축, 2050년까지 97.1%(A안) 또는 90.6%(B안) 수준으로 제시하였다.

'국민의 생활터전이 되는 모든 공간과 이동수단의 탄소중립'의 비전을 바탕으로 한 교통부문 추진과제는 ① 교통 데이터기반 구축 ② 전기·수소자동차 전환 지원(사업용 차량 집중) ③ 대중교통 활성화 및 자가용 이용수요 관리 ④ 친환경 철도·항공 등 4가지로 구분된다. 다만 탄소중립 로드맵에서 온실가스 감축, 에너지 전환 등 수송부분의 직접적인 가치 실현 중심으로 구성되어, 지속가능한 교통체계 운영으로 예상되는 수용 가능한 탄소중립 플러스(+) 효과가 명확하게 제시되지 못했다. 요컨대 교통부문의 안전 확보, 보행자 보호, 대기오염물질·온실가스 배출 감축, 에너지 절감 등을 포괄하는 탄소중립 플러스(+)

〈그림 1〉 탄소중립 플러스(+) 향한 공공도로의 변화 및 진화(예시)

		
자료: Department for Transport (2020), Cycle Infrastructure Design.	자료: Luke Chillingsworth(2020), New traffic lights will see cars lose priority to cyclists & pedestrians in three cities, Daily Express.	자료: 계양구청(2021), https://m.blog.naver.com/gyeongyang_gu/2222221651020 .
도시 자전거 전용 통행	보행자와 자전거 교통신호 운영	친환경 버스정류장
		
자료: Olivia Kelly(2016), Speed Limits to be reduced to 30km/h across Dublin, The Irish Times	자료: Rues Aux Ecoles(2021), From Arep to the heart of tomorrow's Paris?, AMC.	자료: Sputnik(2018), China to Open Solar Superhighway that Charges Electric Cars in 2022.
도시 차량운행 제한속도	도로 축소, 보행우선	태양광 도로

2) 국토부의 탄소중립 로드맵은 정부 법정계획(탄소중립 녹색성장 기본계획) 수립을 위한 비(非)법정계획으로서 법적인 의사결정 절차는 없으며, 탄소중립기본법 시행(2022.3) 후 새 정부에서 수립될 법정계획(탄소중립 녹색성장 기본계획)에 반영될 예정이다. 다만 탄소중립 로드맵은 탄소중립 실현을 위한 지속가능한 교통체계 운영 기본방향, 전략, 이행과제 제시 등의 역할로서 작용이 기대됨.

교통정책의 수립·운영이 확대될 필요가 있다.

2.3 시사점 - 공공도로 인프라 추진쟁점과 방향

첫째, 탄소중립 실현에서 탄소배출 감축, 에너지 전환 등 기후위기 대응과 관련된 직접적인 가치 추구는 향후 탄소중립 동력원 확보의 한계가 예상된다. 이에 탄소중립 추진과제 선정은 탄소중립의 직·간접 효과를 통합하는 신축적인 자세가 요구된다.

둘째, 사람과 공공도로 체계 간의 보행자 보호와 개인 위주의 교통수단 이용 확대 등 포용사회에서 논의되는 사회·문화적 영향도 탄소중립 범주에 포함될 수 있다. 따라서 교통부문의 안전 확보, 보행자 보호, 대기오염물질·온실가스 배출 감축, 에너지 절감 등을 포괄하는 탄소중립 플러스(+) 교통정책의 수립·운영이 확대되어야 한다.

셋째, 교통부문의 탄소중립 플러스(+) 효과 창출을 감안하면, 폭넓은 과제선정이 가능하다. 탄소중립 플러스 효과를 향한 추진과제 가운데 공공도로 인프라 추진전략은 탄소중립 플러스 수용 차원에서 검토할 수 있다.

3. 탄소중립 플러스(+)를 향한 공공도로 인프라 추진방향

최근 교통정책의 패러다임 변화를 유인하는 요소로 인식(perception)의 변화, 과정(steps)의 비교, 가치(values)의 재창조 등이 새롭게 조명되고 있다. 이러한 흐름은 '교통정책은 시대적 변화의 기본수요를 반영하고 있는가?', '교통정책 의사결정 과정에서 이해당사자의 참여가 전제되었는가?', '교통정책의 수단 선택에서 효율성은 확보되었는가?', '교통정책은 사회·문화적

변화를 수용할 수 있으며, 과학기술의 적용은 어느 수준인가?' 등의 응답 과정에 기인하고 있다.

이같은 응답과정을 통해 교통정책의 주요 관심 이 종래의 통행속도, 교통안전, 연비, 대기오염물질 배출, 도로확장, 도로포장 등 개별 항목 중심의 성과평가에서 건강피해 예방, 보행자 보호, 기후위기 대응으로 모아지고 있다. 이러한 변화는 지속가능한 교통계획 가치 실현을 위한 미래교통의 포용적 역할을 환기시켜 탄소중립 플러스(+)를 향한 교통정책을 수립하고 집행하는 추세로 나타나고 있다.

이러한 측면에서 공공도로 인프라 추진은 교통수단의 이동성, 다양성, 개인화 등을 포괄적으로 반영할 수 있는 탄소중립의 영역에 해당된다. 이는 공공도로의 통행 속도 및 안전, 교통약자 보호, 대기오염물질·온실가스 감축, 에너지 절감 등을 종합적으로 고려할 수 있는 탄소중립 플러스(+)로 이해되기 때문이다. 이에 화답하듯, 공공도로 인프라 추진은 종래의 안전과 속도 중심의 교통정책 수립에 더하여 사회·문화적 가치 변화를 접목하여 적절한 해법을 찾는 것이 곧 지속가능한 교통물류 개선과 탄소중립 가치실현에 기여하는 길이라는 발상전환으로 이어지고 있다.

이처럼 공공도로 인프라 추진전략은 정부 교통계획 정책의 올바른 방향을 선도하는 가치뿐만 아니라 정책성과를 판단하여 지속가능한 교통정책 실현에 기여하고, 나아가 더 나은 탄소중립 가치 실현의 디딤돌로 작용한다는 것이다. 그렇기에 공공도로 인프라 추진 논의는 지속가능한 교통물류 정책 방향과 성과를 포함하여 탄소중립을 모두 포용하는 범주에서 진행되어야 한다.

4. 탄소중립 플러스(+) 효과 창출과 공공도로 인프라 추진 전략

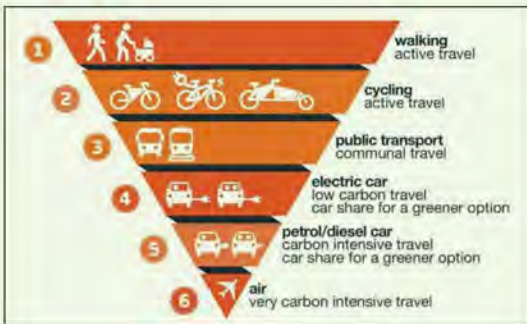
4.1 사람과 도로 공간이 공존하는 도로생태계 조성
최근 공공도로 인프라 조성에서 눈에 띄는 변화는 자동차 위주에서 사람을 먼저 고려한다는 경향이다. 이는 교통체계 운영에서 안전, 환경, 온실가스, 에너지, 약자보호 등 인본 가치를 앞세워 도로 공간과 사람이 공존하는 도로생태계를 회복하고 보호하는 움직임으로 나타나고 있다. 이 같은 현상은 과거 공공도로 운영 과정에서 교통은 경제활동을 위한 부수적 수단에 불과하나, 교통수단인 자동차가 이동하는 공공도로 인프라가 사람보다 우선하는 사회적 문제를 성찰함으로써 비롯되었다.

현재 유럽연합(EU) 지역에서 도로 공간은 물리적 시설 인식에서 벗어나 교통안전 확보, 무동력차선 신설, 지역 공동체 형성 등 사람이 우선하는 도로생태계 회복 캠페인이 활발하게 추진 중이다. 예컨대 함께하는 사회문화를 확산하기 위한 공공도로 차선 축소 정책으로 유동인구가 늘어 도로변 상권 회복과 경제 활성화에 기여하고 있다. 이 같은 사례는 보행, 자전거 통행 등 사람이

우선인 공공도로 인프라 추진이 탄소중립을 향한 담론으로 제시되는 이유이다. 이렇듯 사람과 도로 공간이 상호 공존하는 도로생태계 조성 움직임은 안전, 건강, 지역경제 활성화 등 탄소중립의 플러스 효과 창출로 나타나게 된다.

4.2 사회·문화적 가치 변화와 접목되고 조화된 교통문화

공공도로 체계는 기본적으로 인적·물적 이동을 전제로 개발되기 때문에 도로 이용의 효율성 판단기준을 통행비용 최소화 또는 교통물류 최대화에 초점을 맞춰왔다. 이는 ‘빨리빨리 교통문화’로 이해할 수 있으며, 고속 중심의 효율성을 강조하는 교통정책으로 이를 수용하기 위한 도로인프라 개발로 이어져왔다. 하지만 이러한 반작용으로 교통사고, 에너지 과소비와 같은 사회적 비용이 정책 부담으로 지적되기에 이르렀다. 그러나 서구의 fast food 음식문화에서 아시아 지역의 slow food 음식문화에 대한 인식을 달리하듯이, 지속가능한 교통정책 가치실현의 패러다임이 정착되면서부터 교통문화가 안전, 환경, 기후위기 등을 함께 포용하는 방향으로 전환되는 추세이다. 이를 감안하면 ‘저속 이동수단의 공공도로 인프라 추진’이 바람직하다. 예컨대 안전속도 5030(2021. 4. 17.) 제도 도입, 스쿨존, 실버존 등과 같은 보행자를 우선하는 도로인프라 확대는 전 세계적 추세일 뿐 아니라, 세계에서 걷기 좋은 도시이면서 가장 행복한 나라로 선정된 덴마크의 사례처럼, 걷기와 행복의 가치 추구 및 유동인구 증가 등을 통해 활력 있는 도시 분위기를 조성할 수 있을 것이다.



자료: UK Energy Savings Trust Interreg Europe, A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy, 2019

4.3 첨단 과학기술 선도형 도로시스템 운영

지속가능한 교통체계를 구축하고 운영하는 것은 첨단 과학기술을 개발하고 적용하는 것이 기본이 된다. 과거 토목공사 중심의 도로인프라 개발 과정에서 보였던 ‘토지 공간’의 양분 현상을 벗어나, 첨단 IT 과학기술이 적용된 도로인프라가 설치 및 운영되는 것으로 진화하는 추세이다. 이러한 변화는 교통수단의 다양화 및 연계를 통해 안전, 환경, 온실가스, 에너지 등의 탄소중립 플러스 효과에 기여하고 있다. 이와 같이 탄소중립과 첨단 IT 도로교통 시스템 운영을 통해 한국형 탄소중립의 모범사례가 되고 있다. 지속적인 첨단 IT 기술이 접목된 공공도로 인프라 추진을 통해 탄소중립 플러스 효과를 기대할 수 있는 대목이다. 특히, 무선 충전 도로, 태양광 도로, 압전 발전 도로 등과 같이 에너지 절감을 추구할 수 있는 도로 시스템 운영은 탄소중립 도로를 운영하는 데 있어서 중요하게 고려되어야 한다.

4.4 안전·대기환경·온실가스·에너지 통합효과 창출

정부의 탄소중립 로드맵은 탄소배출 감축, 에너지 전환효과를 중심으로 비전과 전략, 추진과제 선정, 예산 배분 등이 제시되었다. 지구 1.5℃ 기후안정화는 탄소중립 개념에 충실하다는 인식이 보편적이지만 탄소배출 감축 가치 외 또 다른 가치 실현을 외면하게 되면 탄소중립 동력이 약화될 수 있다. 이를테면, 교통부문의 탄소중립 대책을 수립하고 운영할 때 직·간접적으로 발생하는 안전·대기환경·온실가스·에너지 등 통합효과 창출에도 관심을 두고 탄소중립

플러스 정책을 과감하게 발굴하고 적용하는 것이 필요하다.

4.5 홍보·교육 기회를 확대하여 ‘탄소중립 정보소통’ 채널 운영

탄소중립 실현 핵심대책은 전기차·수소차 보급 확대, 대중교통 활성화, 교통수요관리 등도 우선적으로 손꼽힌다. 하지만 기후위기 대응에서 온실가스 감축, 에너지 전환에만 집중한다면 지속가능한 교통체계 운영 전반에 나타나는 탄소중립의 잠재적인 편익을 확인·수용하지 못한다는 허점이 있다는 것이다. 이를테면 국토교통부의 ‘탄소중립 로드맵’에서 제시하는 4개 추진과제 외에 교통계획에서 중시하는 안전, 보행약자 보호, 건강영향 회복 등을 함께 고려하여 교통대책을 수립하고 운영하는 것이 탄소중립 가치 실현에 긍정적인 신호를 보일 수가 있다는 것이다. 특히, 탄소중립을 향한 공공도로 인프라 추진, 친환경 스마트 운전 활성화, 자동차 마일리지 캠페인 참여, 자동차 속도 5030 준수 등 다양한 교통대책이 이에 포함되며, 탄소중립 플러스(+) 효과 창출과도 연계되어 있다.

하지만 교통부문의 탄소중립 플러스(+) 효과에 대한 긍정 여부를 둘러싼 최종적인 판단은 시민사회의 몫이다. 정부의 탄소중립은 기후위기 대응 계획에 따라 추진하지만, 국민의 공감대 형성과 참여가 동반되지 않으면 탄소중립 가치실현이 어려울 수밖에 없다. 따라서 교통부문의 탄소중립은 일상생활 속에서 시민사회의 실천을 유도할 수 있어야 한다. 탄소중립 플러스(+) 효과 창출을 위한 행사나 캠페인을 넘어 정부와 협력하여 생활화하는 지속가능한 교통대책으로써

정착되어야 한다. 실천 대안으로 정부와 시민사회 간 자발적으로 협약을 체결한 후 합의된 목표를 달성하는 방법을 선택할 수 있다. 예를 들어 시민 도로입양 프로그램을 통한 지역주민 참여의 보행환경개선, 시민주도형 차 없는 거리 조성, 집 앞 주차공유를 통한 보행로 확보 등이 있다.

한편, 교통부문 탄소중립 플러스(+) 과정이 시민사회와 소통하고 제도적으로 정착하기 위해서는 ‘목표-추진대책-성과평가-모니터링’의 모든 정보가 과학적으로 수집되고 분석되어야 하며, 시민사회와의 소통채널을 확보하여 기초정보로 활용 할 필요가 있다. 관련하여 소통채널 장치로서 탄소중립 플러스 효과 창출의 팩트 체크 시스템 도입이 한 가지 대안이다.

4.6 공공도로 인프라 관련 법·제도 정비

탄소중립 플러스(+)를 향한 지속가능한 공공도로 인프라 추진전략의 핵심 키워드는 공존, 조화, 과학기술, 통합, 소통 등이며, 궁극적으로는 승수효과를 의도하는 융합일 것이다. 예를 들어 개인 및 자동차의 통행 데이터를 기반으로 미세먼지·탄소배출량(소위 탄소발자국)을 실시간으로 분석하고 공유, 관리할 수 있는 통합관리 플랫폼을 구축하고 운영하는 것이다. 이는 공공도로를 조성하고 이용하는 데 있어 안전, 환경, 기후위기 대응은 물론, 민간기업의 윤리와 기후환경 경영(ESG) 활동, 맞춤형 기술의 선진화·고도화 등에도 크게 기여할 것이다.

또한 공공도로 이용에서 신표통수단인 자율자동차

통행 담론은 미래교통의 핵심 이슈 중 하나이기 때문에 가장 큰 변혁을 가져다줄 것이다. 다만 자율자동차의 기술수준과 도입비율이 낮은 중·단기까지는 교통혼잡에 부정적인 영향이 예상되지만 자율자동차의 혼입비율이 안정화되면 자동차 통행시간이 감소될 것으로 조사되고 있다(Dominique Gruyer, 2021). 이에 탄소중립 플러스(+) 효과 증진 차원에서 ‘자율주행 시범지구’ 지정과 같은 자율주행 관련 법·제도에 대해 다양한 검토가 필요하다.³⁾ 또한 자율주행산업 경쟁력 강화를 위해 정책·규제 개선과제 발굴, 기업 간 협업사업 지원·유인, 국제 네트워크 구축 등 포괄적인 검토도 필요하다. 자율주행 기반의 도로인프라가 완성되면 통행으로 인한 시간 감소, 공간의 물리적 한계 극복 등 사회적 편익이 발생하기 때문에 탄소중립 및 신경제 문화 창출 등에 기여할 수 있다.

5. 마무리

전 세계가 직면하고 있는 기후위기의 해결책으로 탄소중립이라는 단어가 우선시 되고 있다. SF 코미디 명작 ‘백 투 더 퓨처’처럼 시간여행을 한다면 2050 탄소중립 달성 시점은 보다 더 앞당겨질 수 있을 것이라는 허튼 생각이 간혹 들지만, 그만큼 탄소중립은 30여 년을 가야만하는 긴 여정이고 수많은 문제를 풀어나가야 하는 최대 숙원이다. 따라서 탄소중립에 대한 사회적 요구에 있어 시행착오를 줄일 현명한 판단이 요구된다.

하지만 우리나라 탄소중립 로드맵을 살펴보면

부문별 탄소배출 감축목표, 에너지 전환 중심의 비전 및 전략, 추진과제 선정 및 집행 등으로 구성되어 있기 때문에 탄소중립 경로(path) 선택, 과학기술의 개발 및 적용 시기 등에 따라 추진 동력이 약화될 수 있다는 지적에 대해 검토해야 한다. 또한 교통부문의 탄소중립 실현에서 탄소배출 감축, 에너지 전환 외에도 안전, 건강, 지역경제 활성화 등의 효과가 나타날 수 있는 과제 검토도 필요하다. 이런 맥락에서 공존, 조화, 과학기술, 통합, 소통, 법·제도 정비 등 핵심 키워드를 통해 탄소중립 플러스(+)를 향한 공공도로 인프라 추진전략을 살펴보았다. 앞으로 탄소중립 플러스(+) 효과 창출 및 가치실현 확보 차원에서 탄소중립 기본계획의 신중한 검토가 필요한 시점이다. 

참고 문헌

- Department for Transport(2020), Cycle Infrastructure Design.
- Dominique Gruyer, etl.(2021), Are Connected and Automated Vehicles the Silver Bullet for Future Transportation Challenges? Benefits and Weaknesses on Safety, Consumption, and Traffic Congestion, Front, Sustain.
- Luke Chillingsworth(2020), New traffic lights will see cars lose priority to cyclists & pedestrians in three cities, Daily Express.
- Olivia Kelly(2016), Speed Limits to be reduced to 30km/h across Dublin, The Irish Times.
- Rues Aux Ecoles(2021), From Arep to the heart of tomorrow's Paris?, AMC.
- Sputnik(2018), China to Open Solar Superhighway that Charges Electric Cars in 2022.
- UK Energy Savings Trust Interreg Europe(2019), A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Low-carbon economy.
- 계양구청(2021), https://m.blog.naver.com/gyeyang_gu/222221651020.
- 국회입법조사처(2021), 미래 한국의 신동력을 찾아서: 모빌리티 혁신과 이동의 미래, 「2022 국회입법조사처 올해의 이슈」.
- 김상민(2021), 사람 중심의 스마트시티를 위한 지자체의 정책방안, 「공공정책」, 공공정책연구원, vol.190.
- 김운수(2022), 「탄소중립 그린도시 개발, 어떻게 준비해야 하나」, 「공공정책」, 공공정책연구원, vol.196.
- 김원호(2020), 20년후 미래교통, 내부세미나 자료.
- 이규진(2021), 교통수요 관리와 친환경 공공교통수단을 통한 탄소중립 실현, 「국토연구」, 국토연구원, 제479호.
- 이규진·김운수(2021), 기후위기 대응 친환경 스마트 운전 활성화 정책, 「교통 기술과 정책」, 대한교통학회, 제18권 제5호.

3) 독일은 무인(Driverless) 자율주행자동차의 상용화를 포함한 입법이 일부 이루어진데 비해, 국내 자율주행에 대한 법 정비는 「자율주행자동차 상용화 촉진 및 지원에 관한 법률」 등을 통해 상용화를 준비하는 단계이며, 아직 상용화 이후의 다양한 법적 쟁점에 대한 논의는 부족한 실정임(국회입법조사처, 2021).

정책과 기술 01

PSC오픈이노베이션 운영성과 및 향후 추진 방향

송상영 | 서울시설공단 도로관리본부장

차범진 | 서울시설공단 기술혁신센터장

이주현 | 서울시설공단 기술혁신센터 기술혁신팀장

김상아 | 서울시설공단 기술혁신센터 기술혁신팀 차장

1. PSC오픈이노베이션 추진배경 및 목적

우리나라는 그동안 급격한 성장을 이루며 사회기반시설이 건설되어 왔으며, 이에 따라 공용년수가 증가하여 노후화 단계로 접어들고 있다. 이미 해외에서는 PSC교량 노후화로 인한 텐던 손상이 발생하여 교량 붕괴까지 진행된 불행한 사례가 있었으며, 서울시도 PSC교량의 64%가 공용년수 30년 이상 경과하여 노후화가 급격히 진행되고 있다. 특히, 2016년 정릉천고가교의 외부텐던 파단과 2020년 청담1교 내부텐던 부식에 따른 콘크리트 박락 등 텐던 부식으로 인한 손상이 발견되었으며, 이에 따라 전문적인 유지관리 방안을 위한 산·학·관·민 전문가들의 의견소통 창구가 필요하게 되었다.

이에 서울시설공단은 2019년 조성일 이사장 취임 후 공공기관 최초로 소통 플랫폼의 일환인 PSC오픈이노베이션을 추진해오고 있다. PSC오픈이노베이션은 그간 다른 기업들의 오픈이노베이션 방식이었던 아이디어나 기술의 외부 조달 목적이 아닌

보직과 부서에 얽매이지 않고 누구나 의견을 제시하고 토론할 수 있는 플랫폼 개념으로, 충분한 사전 문헌조사를 통해 정보를 공유하고 내·외부 전문가들이 모여 토론함으로써 집단지성을 이용하여 효율적인 결과를 도출해내고 있다. 동시에 이 모든 과정을 공개하고 공유하여 공공기관의 폐쇄적인 구조를 탈피하고 사회적 가치실현과 공공성 강화를 위해 노력하고 있다.



2. PSC오픈이노베이션 이력

PSC오픈이노베이션의 2019년 7월 출범부터 2020년 초까지는 수십 년 앞서서 PSC기술을 적용한 해외사례 조사를 통해 우리나라에 적용 가능한 기술들을 발굴하였으며, 서울시설공단 내부 직원

들을 대상으로 토론한 후 현장에 적용할 수 있는 기술들을 발굴하였다. 2020년에는 산·학·관·민으로 대상을 확대하여 PSC기술과 현황에 대한 사회적 경각심을 가질 수 있는 계기를 마련하였고, 이후 2020년 12월 국내 교량 및 구조분야 대표 학회인 한국교량및구조공학회와 PSC오픈이노베이션 공동개최를 협약함으로써 더욱 내실 있는 토론을 진행할 수 있게 되었다. 더 나아가 2021년 8월부터는 한국도로공사와 국토안전관리원 등 도로분야 공공기관, 대학, 학회, 협회 등 협력을 통해 노후 인프라에 대한 사회적 인식 확대 및 PSC교량 유지관리 개선 연구의 내실화를 이끌어내고자 노력하였다.



PSC오픈이노베이션은 2019년 출범에서 현재까지 총 26회 실시하였으며, 2022년에는 도로분야 유지관리 협의체인 '도로 인프라 얼라이언스'를 구성하여 더 활발한 오픈이노베이션이 되도록 노력하고 있다. 참고로 '도로 인프라 얼라이언스'는 마지막에 다시 한 번 기술하도록 하겠다.

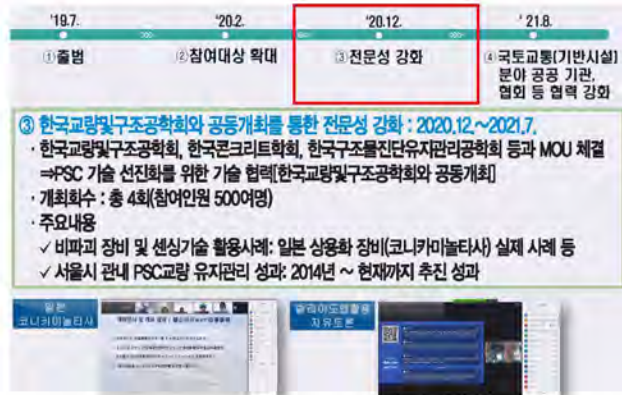
3. PSC오픈이노베이션 추진내용

PSC오픈이노베이션은 2019년 7월 출범 후

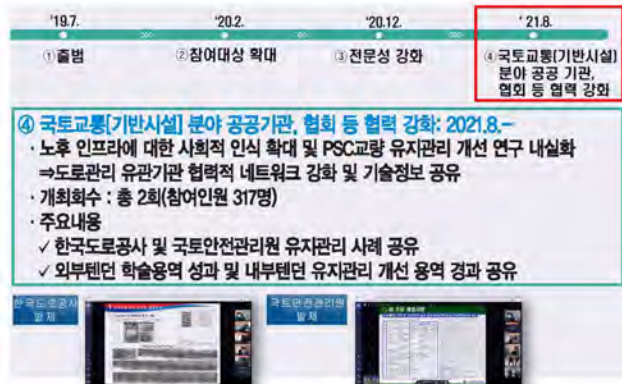
2020년 1월까지 서울시설공단 내부 직원들을 대상으로 총 13회에 걸친 PSC기술 관련 해외 문헌 조사를 통해 유지관리 사례를 학습하였으며, 공단이 관리하는 시설물의 유지관리에 적용하였다. 2020년 2월부터 12월까지는 산·학·관·민으로 대상을 확대하여 총 7회 약 550여 명의 인원이 오픈이노베이션에 참여하였다. 특히, PSC 관련 외부 전문가들과 함께 해외 매뉴얼, 비파괴 검사법, 보수보강 방안 등에 대해 토론하고 다양한 결과를 도출해내는 등 우리나라가 나아가야 할 시설물 유지관리의 방향성을 제시하는 계기가 되었다.



2020년 12월부터 2021년 7월까지는 한국교량및구조공학회와 총 4회 공동 개최하였으며, 550여 명의 전문가와 기술 사례를 공유하는 등 내실화를 꾀하였다. 특히, 해외 비파괴검사 장비 및 센싱 기술 활용사례를 공유하고 서울시설공단에서 수행해왔던 그간의 PSC유지관리 성과를 공유하는 등 PSC기술 선진화를 위해 노력하였다. 2021년 8월부터 12월까지는 한국도로공사와 국토안전관리원 등 공공기관, 학·협회 등 협력을 통해 노후 인프라에 대한 사회적 인식 확대 및 PSC



교량 유지관리 개선 연구의 내실화를 위해 노력하였다. 특히, 2회 참석인원이 300명을 넘어 사회적 관심을 불러 모았으며, 2021년 10월 말에 있었던 PSC오픈이노베이션에서는 한국도로공사, 국토안전관리원이 각각 유지관리 사례를 공유하는 등 도로관리기관 간 네트워크를 강화하고 기술정보를 상호 공유하였다.



4. PSC오픈이노베이션 발제 주제

초창기(2019년) PSC오픈이노베이션은 PSC의

기본 개념, 유지관리 사례 등 국내·외 문헌 자료를 수집하고 분석하는 것에 초점을 뒀으며, 2020년부터는 그동안 서울시설공단에서 성과를 낸 외부턴 관련 학술용역¹⁾ 결과와 내부턴 관련 현안을 중심의 주제들을 다루었다.

구분	발제 주제 분류
외부턴 성과	① 교량별 파단 시나리오 구축(정릉천고가교, 서호교, 두모교) ② 결함발(턴) 부식, 세그먼트이음부 균열 등) 보수·보강 ③ 점검지침, 그라우트 보수매뉴얼 수립 및 장기 모니터링 시스템 구축
내부턴 현안과제	④ 안전성 ⑤ 점검 및 천공부 보수방안 ⑥ 결함부 보수보강 방안 ⑦ 개축방안 ⑧ 설계·시공·유지관리 지침 수립 등 ⑨ 중대결함 발생시 대처 시나리오

2021년부터는 한국도로공사, 국토안전관리원 등으로 시설물 유지관리 기관들이 직접 경험한 사례를 발제하였다. 그동안 접근이 어려웠던 공공기관의 정보를 담당 전문가의 설명과 함께 토론을 진행하였다는데 의미가 있으며, 같은 관심사를 가진 주체들의 토론이 노후 인프라 유지관리 기술성장

에 중요한 부분이기 때문에 2022년에도 더욱 충실한 발제주제 선정을 위해 노력하고 있다. PSC오픈이노베이션은 2019년부터 2021년까지 총 26회를 거치면서 60개의 주제를 발제하였다. 전체 참여인원은 약 2,000여 명에 달하고 외부전문가도 약 650여 명이 참여하여 서울시설공단의 PSC오픈이노베이션이 시설물 유지관리 분야의 새로운 패러다임으로 정착하였다.

회차	개회일	발제 주제	발제자
1	'19.07.31	·PSC거스거더교 유지관리 선진화 방안	나주대부팀
2	'19.08.01	·PSC교량의 기본개념, 계획·시공·유지관리 체계	이시정
3	'19.08.12	·내부 PSC교량 안전성 확보 등 발주주체 제안	이시정
4	'19.08.21	·국내외 PSC교량 관련 건설기준 분석 (기술혁신연계)	후지은 과장
5	'19.09.03	·하부구조의 PSC교량 점검 및 진단 (기술혁신연계)	박영호 과장
6	'19.09.17	·중대결함 PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	김성민 과장
7	'19.10.01	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
8	'19.10.15	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
9	'19.11.05	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
10	'19.12.05	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
11	'19.12.17	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
12	'20.01.07	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
13	'20.01.21	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
14	'20.02.11	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
15	'20.02.21	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
16	'20.04.27	·그린인프라 PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
17	'20.05.26	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
18	'20.06.30	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
19	'20.07.28	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정
20	'20.12.04	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정

회차	개회일	발제 주제	발제자	발제
14	20.02.11	·PSC교량의 유지관리 ·중대결함 PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
15	20.03.31	·내부 PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
16	20.04.27	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
17	20.05.26	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
18	20.06.30	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
19	20.07.28	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
20	20.12.04	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
21	21.01.26	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
22	21.04.30	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
23	21.05.26	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명
24	21.06.28	·PSC교량 안전성 확보 방안 (기술혁신연계)	이시정	41명

5. 실제 추진 사례 및 과정

지금부터는 실제 사례를 통해 PSC오픈이노베이션의 추진 과정과 성과를 소개하고자 한다. 2016년 정릉천고가교 외부턴 파단 이후 서울시설공단에서는 외부턴 유지관리 방안 개선을 위해 학술용역을 시행하였으며, 국토교통부의 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 세부 지침” PSC거더교의 개정(2018)을 이끌어 내는 계기가 되기도 하였다.

그러나 내부턴 분야에서는 정확한 관리 지침이 없어 혼란이 가중되고 있던 중에 PSCI 거더교인 청담1교에서 내부턴 부식에 의한 콘크리트 박락이 발생하였다. 이후 우리 공단은 그동안 점검이 불가능하다고 인식되어 온 내부턴의 점검과 천공부 복구를 PSC오픈이노베이션을 통해 성공적으로 완료하게 되었다. 또한 국내 최초로 정릉천고가교, 두모교, 노량대교 등 공용 중인 PSC 박스거더교의 내부턴 현황을 조사하고 유지관리 개선 방안²⁾을 마련하고 있다.

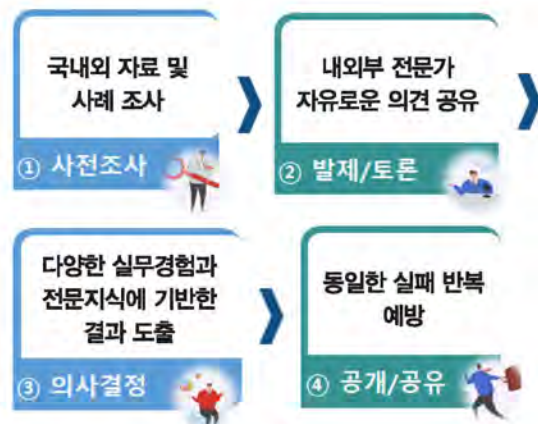


PSC오픈이노베이션의 추진과정은 우선 국내외 자료 및 사례 조사를 실시하여 충분한 사전지식을 축적하고 내·외부 전문가의 자유로운 의견 공유를 위한 발제 및

1) 서울시 관내 PSC박스거더교 긴장재 유지관리방안 수립 학술용역(서울시설공단, 2017.6.)
내부순환도로 PSC박스거더교 긴장재 정밀조사 및 모니터링 학술용역(서울시설공단, 2020.12.)

2) PSC박스거더교 내부턴 유지관리개선 용역(서울시설공단, 2020.8.~2022.5.)

토론 과정을 거쳐 다양한 실무경험과 전문지식에 기반한 결과를 도출하게 된다. 이러한 과정은 우리 기관만의 노하우가 되는 것을 넘어 다른 기관에도 공개하고 공유하여 동일한 실패를 반복하지 않도록 하여 사회 전반적으로 효율성이 극대화 되는 결과로 나타나고 있다.



① 사전조사 과정에서는 주제와 관련된 국내·외 전문가 자료 및 선진사례를 조사하였으며, 그 방법으로는 미국 및 영국의 DOT와 일본 국토교통성에 직접 유선으로 연락하거나 이메일로 소통하고 국내·외 논문 및 학술집 등의 문헌조사를 거쳤다. 이는 충분한 사전조사를 통해 사안해결에 집중하여 시간절약 및 효율성을 제고하는 과정이었다.



② 발제 및 토론 과정은 자유 형식으로 운영하여 원하는 사람 누구나 참여하여 자유롭게 의견을 나눌 수 있는 장으로 집단지성을 이용하여 완성도를 높이는 기회가 되었다. 관련 기술을 보유한 해외 기업, 외부전문가, 담당부서의 실무자 또는 담당부서가 아닌 직원 등 누구나 발제할 수 있게 하여 관련 전문가들과 토론하는 과정을 거쳤다.



③ 의사결정 과정에서는 다양한 경험을 가진 토론자들의 실무경험과 전문지식에 기반한 결론을 도출함으로써 의사결정자와 실무자의 의견 일치를 통해 주도적이고 책임감 있는 업무수행이 가능하게 되었다. 아래는 이런 과정을 거쳐 의사결정을 이루었던 항목들이다.



④ 마지막은 외부에 공개하고 공유하는 절차로, 모든 오픈이노베이션 진행 녹화본 및 관련 자료들을 유튜브³⁾와 홈페이지⁴⁾에 공개함으로써 내부

직원들의 전문역량을 축적함과 동시에 모든 경험과 지혜를 내부 자산으로 머물게 하지 않고 외부에 공개하여 확산시킴으로써 공공성 강화를 위해 많은 노력을 하고 있다.



이러한 과정을 거쳐 2021년에 진행된 실제 사례들로는 PSC박스거더교 및 PSC일반거더교의 내부테넌트 유지관리 개선을 위한 노력과 인공지능 기반 시설물 스마트 모니터링의 일환으로 진행된 교량 이상거동 감지 변위계측 스마트 모니터링 등이 있었으며, 이러한 시스템은 2022년에도 더욱 확대하고 전문성을 강화하여 수행할 예정이다.



6. 성과 및 향후 추진방향

PSC오픈이노베이션의 성과는 다음과 같다.

① 국내 최초 외부테넌트 그라우트 주입보수 매뉴얼과 부식모니터링 시스템 개발 연구, 내부테넌트 미파괴 조사 등의 해외 문헌조사 및 사례조사를

통해 현장실증을 지원하게 된 것으로 이는 청담1교의 내부테넌트 손상을 조기 대처하고 홍제천고교 및 원효대교북단교 등 내부테넌트의 선제적 점검의 발판을 마련하는 계기가 되었다. 이러한 과정에서 수행했던 국내·외 문헌 및 사례조사를 통해 내부직원의 전문성을 강화시킴과 동시에 그간 상대적으로 안전하다고 인식되어온 PSC교량의 문제점들을 공개 토론함으로써 대내외에 노후 인프라에 대한 사회적 인식 확대의 계기를 마련한 것도 큰 성과로 볼 수 있다.

② 오픈이노베이션을 통해 습득한 '지식, 정보, 경험과 지혜'를 국내·외 산·학·관·민 각 분야에 공개하고 공유하여 시행착오 최소화 및 그에 따른 비용을 감소시켰다. 우리 공단에서 경험한 모든 사례를 공유함으로써 다른 유지관리 기관에서 유사 사례 발생 시 참고하여 처리할 수 있는 계기가 되었으며 동일한 목적을 가진 용역을 방지하는 등 크게 보면 국가차원의 예산낭비를 막는 긍정적인 효과가 있었다.

③ 국내 민간분야의 기술발전 및 제도개선에 기여하였다. PSC오픈이노베이션에서 발제한 유지관리 방안(점검, 모니터링, 보수 및 보강 등)에서 착안한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 또한 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 개정' 등 우리 공단의 PSC오픈이노베이션에서 출발한 제도개선 사항들이 꾸준히 제기되고 있다. 이러한 성과를 밑바탕으로 향후 추진방향으로는 도로 유지관리 공공기관, 대학, 학·협회 등과

3) 서울시설공단 기술공유센터(<https://www.youtube.com/channel/UC7bFmXEonE2GIV6L-kIKQ>)

4) 서울시설공단/공단소개/알림마당/오픈이노베이션(https://www.sisul.or.kr/open_content/main/introduce/innovation.jsp)



적극적 기술교류 및 협력강화를 통해 노후 인프라 관리의 중요성을 인식하고 기술개발을 유도해 나갈 목적으로 2021년 11월 한국교량및구조공학회 기술컨퍼런스에서 관련 협의체인 '도로 인프라 얼라이언스'를 출범하였고, 2022년은 산학관민 공동협력 오픈 플랫폼인 '도로 인프라 관리 오픈스퀘어'의 원년을 맞이하였다. 따라서 2022년 'PSC오픈이노베이션'은 PSC에 국한하지 않고 노후 인프라 전반에 대한 유지관리 개선 방안을 발제 및 토론할 계획이며, '도로 인프라 얼라이언스' 기관들의 생생한 경험들을 공유함으로써 우리나라가 유지관리 분야에서 해외 기술을 따라가는 것이 아니라 선도해 나갈 수 있는 기틀을 마련하도록 최선의 노력을 다 할 것이다.

7. 도로 인프라 관리 오픈 스퀘어 계획

‘도로 인프라 관리 오픈스퀘어’는 협력, 공정, 상생을 목표로 국내 15개 기관에서 참여하는 ‘도로 인프라 얼라이언스’를 구성하여 협력하기로 한 협의체이다. 특히, 공공기관에서는 한국도로공사, 국토안전관리원, 국토교통과학기술진흥원이 참여하고, 대학에서는 서울대, 서울시립대, 한양대, 영남대, 연구기관으로는 차세대융합기술연구원, 한국건설기술연구원, 그리고 국내 4대 토목관련 학회인 대한토목학회, 한국콘크리트학회, 한국구조물진단유지관리학회, 한국교량및구조공학회와 민간에서는 한국전자정보통신산업진흥회가 참여하였으며 출범 후 다양한 기관에서 참여의사를 밝혀 협의체는 더 늘어날 예정이다.

본 협의체는 민간 혁신 기술개발을 지원하고 기술 제도의 환류 기능과 노후 인프라 공동대응 체계를 마련하기 위한 산학관민 공동대응 체계 구축의 일 환으로 도로 인프라 얼라이언스 운영을 통해 목표로 한 활동들을 진행해 나갈 예정이며, 개선하고 착안한 사항이 있다면 기반시설 정책에 반영하는 선순환 기능에 앞장설 수 있도록 노력할 것이다.

8. 맺음말

우리 공단은 공공기관 최초로 도입한 ‘PSC오픈 이노베이션’의 지금까지의 성과에 안주하지 않고 PSC분야를 넘어 도로 인프라 전반에 있어 특화된 경험과 노력을 통해 안전한 시설물을 유지하기 위

해 최선을 다할 것이다. 또한 국민의 안전을 최우선 과제로 ‘도로 인프라 얼라이언스’ 기관들과 힘을 합쳐 노후 인프라 수명 연장을 위한 국내 기술 발전에 최선을 노력을 다 할 것이다. 

정책과 기술 02

도로살얼음 발생 가능성 정보 서비스에 도전하다

김백조 | 국립기상과학원 재해기상연구부 목표관측연구팀장

1. 도로살얼음 기상정보는 왜 필요한가?

누구나 막힘없고 안전한 도로 위를 마음껏 달리는 것을 한 번쯤은 생각해 본다. 도로, 차, 운전자 모두 최상의 상태일 때 가능한 상상이자. 차와 운전자의 상태는 개인의 노력과 관심에 따라 얼마든지 가능한 일이다. 하지만 도로상태는 누군가의 노력만으로 좌우되지 않는다. 그 이유는 바로 도로라는 상수(constant)에 미치는 기상이라는 변수(variable)가 있기 때문이다. 기상이 도로에 미치는 영향은 크게 도로운전, 교통흐름, 도로운영으로 나눌 수 있다(<http://ops.fhwa.dot.gov>). 특히 도로 교통사고와 밀접한 주요 기상현상인 비, 눈, 안개 등은 도로 미끄럼이나 결빙, 운전자의 시정 등에 영향을 준다.

최근 들어 겨울철 대형 교통사고 소식을 언론을 통해 자주 접하게 된다. 이와 관련하여 언론에 보도되거나 연구논문에 자주 소개되고 있는 도로교통사고를 조사하였다. 최근 15년간(2006~2020년)

〈그림 1〉 2006년부터 2020년까지 주요 대형 도로 교통사고(정리: 김백조)



주요 도로 교통사고는 총 13사례로 정리되었다(그림 1). 겨울철 도로 위 교통사고를 유발하는 기상요인은 대부분 도로살얼음과 안개였다. 2006년 10월 3일 서해대교에서 발생한 29중 추돌사고로 12명이 사망하였다. 또한 2015년 2월에 발생한 영종대교 교통사고는 106중 추돌사고로 사망자가 2명이었고 부상자가 73명이었다. 안개(해무)가 자주

끼는 서해 연안지역에 위치한 대교나 내륙지역의 안개(복사무)와 도로살얼음으로 인해 고속도로나 국도에서 도로 교통사고가 자주 발생함을 알 수 있다.

지난 10년간(2010~2019년) 안개 낀 날의 교통사고 치사율은 맑은 날 대비 약 5배 수준으로 가장 높으며, 강우·안개·강풍·맑음과 비교 시 안개가 교통사고와 상관관계가 가장 높다는 보고가 있다. 특히 안개 발생 시 시정 및 노면상태 불량으로 치사율이 다른 상태에 비해 월등하게 높다(최세로나, 2011). 또한 도로 노면상태에 따른 교통사고 인명 피해율은 건조한 도로보다 서리가 내렸거나 결빙(살얼음 포함)되었을 때 1.87배까지 증가한다(행정안전부, 2020).

도로살얼음, 안개로 인한 교통사고는 도로상태, 차량제동, 운전시야 등과 관련되어 있어 사고 발생 시 대형사고로 이어진다(김백조, 2021). 이것은 국민의 생명과 안전을 위협하는 정도로 심각하여 국가 차원의 사회적 이슈로 대두되고 있다. 겨울철 도로 운전을 위한 정부 차원의 안전대책 일환으로 도로기상 및 노면정보 집중관측과 이를 통해 수집된 관측자료와 수치예측 자료를 활용한 도로기상 예측정보 생산 및 서비스가 요구되고 있다.

2. 도로살얼음은 어떻게 발생하는가?

겨울철 도로살얼음은 우리가 생활하는 주변 도로에서 쉽게 만날 수 있다. 2021년 3월 1~2일 강릉을 비롯한 강원도에 50cm 이상의 많은 눈이 내렸다. 둘째 날인 3월 2일 오후부터 기온이 높아지면서 길 위에 쌓인 눈이 빨리 녹기 시작하였다. 강릉 시내 주요 도로를 제외하고 사람이 많이 다니지

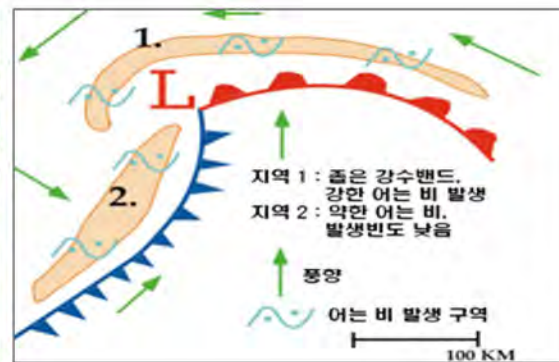
않는 작은 골목길이나 보도 위는 녹은 눈으로 온통 질척하였다. 밤이 되면서 기온이 내려가 녹은 눈이 얼기 시작하였다. 다음 날(3.3) 아침 8시경 해가 떠오르면서 길가에 쌓인 눈이 다시 녹기 시작하였다. 경포사거리에서 강릉원주대 가는 길의 나지막한 산자락 아래 그늘진 도로는 여전히 영하였다. 녹은 눈이 비스듬한 영하의 도로 위로 흘러내리면서 도로 위에 살얼음이 발생하였다(그림 2). 도로살얼음 위를 달리는 출근 차량들은 파란 신호를 놓칠 세라 빙판길에서도 질주하였다. 도로살얼음의 위험성을 잘 알기에 현장에 있는 나는 불안감이 앞섰다. 하지만 도로살얼음 발생 구간이 채 10m가 되지 않아 운전자가 알아차리는 순간 위험 구간을 빠져나가 큰 사고로는 이어지지 않았다.

〈그림 2〉 2021년 3월 3일 강릉 경포사거리 인근에서 관측된 도로살얼음 모습(사진: 김백조)



이처럼 도로살얼음은 노면결빙에 필요한 물기(water)나 수분(moisture)이 있는 상태에서 영하의 노면온도일 때 발생한다. 일반적으로 노면온도가 대기 이슬점 온도보다 낮으면 도로에 이슬이 발생하고, 이슬이 영하의 노면온도로 인해 얼게 되어 서리(frost)나 얼음(ice)이 만들어진다. 야간 혹

〈그림 3〉 어는 비(좌)와 저기압 주변 어는 비 발생 특성 모식도(우)



(출처: 기상청, 2013)

새벽 시간대에 대기 중 수증기가 포화되어 발생하는 안개의 경우도 유사하다. 또한 강수 현상이 나타난 후 고인 빗물이나 쌓인 눈이 녹으면서 생긴 물이 영하의 노면을 흐르면서 도로살얼음을 만들기도 한다.

도로살얼음 발생과 관련된 주요 기상학적 원인으로 어는 비(freezing rain)가 자주 언급된다. 기상 센서(온도, 습도, 기압, 풍향·풍속)를 헬륨 풍선에 달아 하늘로 띄워 기상관측을 해 보면 고도에 따라 대기 온도가 다양하게 변화한다. 지면 위 어느 고도에서 만들어진 눈이 내리면서 영상의 대기층에서 녹아 비가 된다. 이 비가 지면 부근의 얇은 영상층에서 물체에 부딪치면서 얼어붙게 되는 데 이것을 ‘어는 비(freezing rain)’라고 한다. 어는 비가 발생하기 위해서는 지면이나 지면 부근의 물체 표면온도가 반드시 0℃보다 낮아야 한다. 지상 부근 영하의 공기층 위로 상대적으로 따뜻한 영상의 공기가 침투하기 쉬운 저기압의 온난전선 전면에서 어는 비가 잘 발생한다(그림 3). 지리적 관점

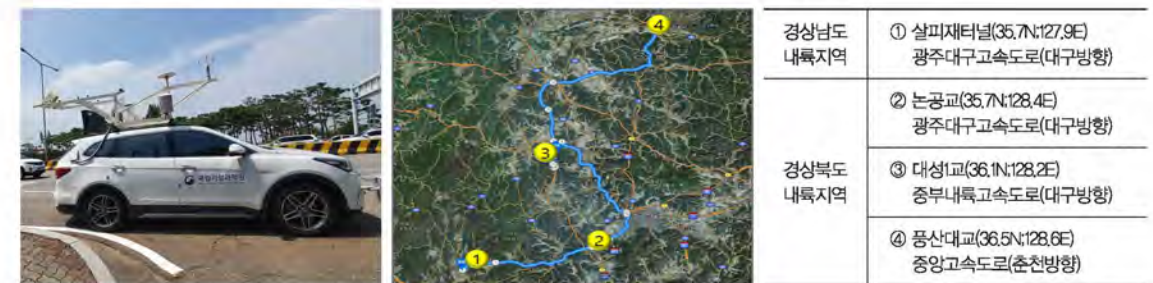
에서 보면 어는 비는 지면 냉각이 잘 일어나는 지역인 해안에서 멀리 떨어져 있고 주변이 산으로 둘러싸인 분지형 지역에서 자주 관측된다.

3. 도로살얼음은 어디서 잘 발생하는가?

도로살얼음을 브레이크 없는 위험이라고 하였다(김백조, 2021). 도로 주행자들에게 도로살얼음은 안전운전에 심각한 위협요인이 되고 있다는 것이다. 겨울철 따뜻한 기온은 도로살얼음의 발생 가능성을 증가시키고 있다. 이를 효과적으로 대응하기 위해서 도로살얼음 관측 인프라를 확충하고 위험성 예측 기술을 개발하여야 한다. 이와 같은 단·중기적인 대책의 일환으로 기상관측차량을 이용해 주요 고속도로에서 도로살얼음 발생이 쉬운 지역을 파악하는 것이 필요하다.

국립기상과학원에서는 경상남북도 내륙지역의 주요 고속도로(광주대구고속도로, 중부내륙고속도로, 중앙고속도로)를 지나는 약 220km를 대상으로 겨울철 도로기상 및 노면정보 집중관측을 수행하였다(그림 4). 국립기상과학원에서 보유한 기상

〈그림 4〉 도로기상 및 노면정보 집중관측: 관측차량(좌), 관측경로(우), 주요 고속도로와 도로기상관측시스템 설치 위치(표)



관측차량을 활용하여 기온, 습도, 기압과 같은 기상요소와 노면정보(노면온도, 노면상태)를 1초 단위로 관측하였다. 도로기상 및 노면정보 집중관측은 2020년 12월 22일과 2021년 1월 29일의 2회에 걸쳐 실시되었으며, 집중관측 경로는 거창 IC에서 서안동 IC까지로 이 구간에는 살피재터널, 논공교, 대성1교, 풍산대교에 도로기상 관측시스템이 설치되어 있다. 기상관측차량을 이용한 도로기상 관측의 경우, 관측자료의 정확도가 무엇보다 중요하다.

참고로 기상관측차량을 통한 서울 도심폭염 집중관측 수행시 고정지점에서 관측된 자동기상관측자료와 비교한 결과, 연구자료로 활용이 가능한 것으로 검증되었다.

일반적으로 도로살얼음은 교량, 터널 입·출구, 계곡 통과, 응달 지역 등에서 잘 발생한다. 도로기상 및 노면정보 집중관측에서 나타난 도로결빙 지역을 살펴보면(그림 5), 2020년 12월 22일 사례의 경우 김천2터널 입구, 예동1교 인근, 봉곡

〈그림 5〉 도로기상 및 노면정보 집중관측에서 나타난 주요 도로결빙 지역

(a) 2020년 12월 22일



(b) 2021년 1월 29일



(출처: 김백조 등, 2022)

1교, 구잠2교, 단밀1터널 인근, 단북위촌교, 국곡교&산이골에서 결빙이 관측되었다. 2020년 12월 22일 보다 기온이 상대적으로 낮은 2021년 1월 29일에서는 청현교, 도장골천교 인근, 밤골저수지 인근, 서대구TG, 구미IC, 선기줄음쉼터, 남김천IC3교, 낙동JC, 안계양곡교에서 주요 결빙이 나타났다. 도로결빙을 위한 수분공급이 원활한 저수지 인근이나 차가운 공기의 노출이 상대적으로 쉬운 고속도로 TG나 IC에서 자주 발생하였다. 도로살얼음 취약구간으로 잘 알려진 터널, 교량, 고속도로 TG&IC 뿐만 아니라 그늘진 도로나 휴게소에서도 도로결빙이 나타났다. 도로결빙이 관측된 지역을 도로 기하구조(교량, 터널), 그늘진 도로 등으로 정리해 보면, 2020년 12월 22일은 교량 4회, 터널 2회, 그늘진 도로 1회, 기타 1회로 총 8곳에서 나타났으며 2021년 1월 29일에서는 교량 4회, 그늘진 도로 1회, 기타 4회로 총 9곳이었다. 또한 대기 온도가 높음에도

도로결빙이 더 많이 관측된 이유는 앞서 언급한대로 도로살얼음 취약구간인 교량, 터널이 많았던 원인으로 유추할 수 있다. 이처럼 도로살얼음 발생은 교량, 터널과 같은 도로의 기하구조나 지형적 특성의 영향을 받을 수 있다.

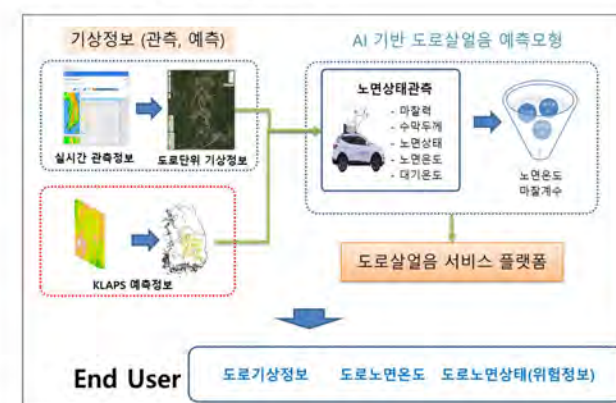
도로결빙에 미치는 기온과 노면온도의 영향을 제외하고 다른 기상요소(습도와 풍속)와의 관련성도 조사하였다. 한국도로공사(2021)에서 온도 4도 이하, 습도가 80% 이상일 때 안개, 약한 눈에 의해 도로결빙이 발생한다고 밝힌 바 있다. 또한 바람은 도로 위 수분을 증발시켜 도로살얼음 발생 가능성을 낮추는 기상요인으로 알려져 있다(김백조 등, 2021). 집중관측 사례에서 기온과 노면온도가 상대적으로 낮은 기상 상황에서도 도로결빙 횟수가 증가하지 않는 경우가 있다. 이는 강한 바람과 낮은 습도로 도로살얼음 생성에 중요한 수막 형성이 용이하지 않기 때문으로 생각된다.

4. 도로살얼음 예측정보는 어떻게 생산되는가?

겨울철 도로교통 안전운전을 위한 기상청 주관의 '도로살얼음 대응 및 예측 포럼' 개최를 통해 협업 기관 간의 협력방안을 논의하였다(기상청, 2020). 도로살얼음으로부터 국민의 안전을 지켜내기 위한 중점 추진과제로 ① 지속적인 도로기상 관측과 예측 개선 ② 도로살얼음 취약지구 선정과 관리(예측 정보 생산, 집중관리 기간 운영, 운전자 계도, 가변형 제한속도 관리 등) ③ 국민과의 체감적 정보 소통 강화(네비게이션을 활용한 위험정보 전달, 차량 탑재 도로살얼음 탐지센서 개발, 민간분야의 참여 등)가 제안되었다. 특히 도로살얼음 예측정보의 필요성과 이를 위한 유관기관 간 협력과 협력이 중요하다. 이를 위해 기상청은 2020년에 도로살얼음 예측정보 생산을 위한 '도로살얼음 기상정보 서비스' 범정부 TF를 구성하여 도로살얼음 예측정보 생산 및 서비스 방안에 대해 관련 기관과 긴밀한 논의를 지속해 왔다.

특히, 도로살얼음 예측정보 생산을 위해 대구대학교와 협업으로 인공지능 기반의 예측모형을 개발하였다. 모형의 입력자료는 도로 단위별 관측자료와 예측자료 그리고 위경도로 구성된다. 관측자료는 자동기상관측장비와 종관기상관측장비에서 수집된 기상자료(기온, 습도, 대기압)의 공간보간법으로, 예측자료는 기상청 초단기 수치예측모델 결과를 활용하여 산출하였다. 이들 자료를 랜덤포레스트기법¹⁾에 적용하여 도로 단위로 노면온도 및 노면상태 위험정보를 생산하였다(그림 6).

(그림 6) 도로살얼음 예측정보 생산체계



도로살얼음의 발생 지점이나 구간을 정확하게 예측하는 것은 거의 불가능하다. 따라서, 도로결빙에 미치는 기상요인과 도로요인 등을 고려하여 도로살얼음 취약구간의 고속도로에 대해 도로살얼음 발생 가능성 정보를 제공한다(기상청, 2021).

도로살얼음 발생 가능성 정보는 경상남북도 내륙 지역의 주요 고속도로 약 220km 구간을 대상으로 하루에 8회에 3시간 간격(00·03·06·09·12·15·18·21시)으로 생산한다. 09시 예보를 위해 당일 08시 20분~08시 30분에 자료 입수 및 처리를 수행한다. 예보기간은 발표시간 +1시간부터~+12시간까지로 1시간 간격이다. 예를 들면 09시 예보의 경우, 오전 10시부터 오후 21시까지 1시간 간격의 예측정보를 생산한다는 의미이다. 도로살얼음 발생 가능성을 관심-주의-경고-위험으로 4단계로 제공하며, 이 단계는 기상관측차량을 통해 수집된 도로기상과 노면정보(온도, 상태)

1) 여러 의사결정나무의 앙상블모형으로 노면온도 예측에 주로 사용되며 노면온도, 기온, 습도 등의 도로기상 요인과 노면정보의 관계를 통해 노면상태 위험성 예측

〈그림 7〉 기상청 방재기상정보시스템(http://afso.kma.go.kr)에서 도로살얼음 발생 가능성 정보 접속방법



(출처: 기상청, 2021)

자료의 통계분석으로 노면상태별 마찰계수 기준으로 정하였다. 위험단계별 마찰계수는 관심은 0.8 이상, 주의는 0.8~0.7, 경고는 0.7~0.6, 위험은 0.6 이하이다. 도로살얼음 발생 가능성 정보는 2021년 12월 30일 09시부터 기상청 방재기상정보시스템(http://afso.kma.go.kr)을 통해 행정안전부, 국토교통부, 한국도로공사, 한국건설기술연구원 등을 대상으로 2022년 5월 31일까지 시범 운영된다(〈그림 7〉).

현재의 도로살얼음 예측모형의 정확도(accuracy)는 0.7이고 Kappa는 0.43이다. Kappa는 우연히 맞추는 것이 아니라 모형으로 잘 분류되어 맞출 확률((Obs, Acc, -Pre, Acc.)/((1-Pre, Acc.))이다. 여기서 Obs, Acc.는 분류 정확도를 의미한다. Kappa가 0.43이면 보통 이상의 예측성을 나타낸다.

5. 도로살얼음 대응을 위해 무엇을 해야 하나?

도로교통 사고의 사회적 비용을 줄이기 위해서는 무엇보다 도로살얼음의 정확한 예측정보 생산이

중요하다. 2022년 5월까지 도로살얼음 발생 가능성 정보 시범운영을 통해 사용자 의견을 수렴하고자 한다. 또한 정확한 도로살얼음 발생 가능성 정보를 생산하기 위하여 예측모형의 개선 노력도 지속되어야 한다. 먼저 입력자료로 기상요소와 위경도 외에 터널 및 교량과 같은 도로요인과 예측된 노면온도를 추가하여야 한다. 대구대학교 연구 결과에 따르면(윤상후, 2022), 도로기상 관측자료 기반 노면상태 예측 결과가 우수함을 밝혔다. 하지만 도로기상 집중관측은 하루 중에 보통 오전 6~9시에 주로 수행되므로 관측자료 기반 24시간 도로살얼음 예측정보 생산에는 한계가 있다.

이를 극복하기 위하여 도로살얼음 발생 가능성 시범운영 구간에 대한 지속적인 집중관측과 이를 통해 생산된 관측자료와 공간보간법으로 생산된 기상정보 간의 비교·분석으로 한층 개선된 예측모형의 입력자료가 생산되어야 한다. 또한 도로살얼음 발생 위험단계별 예측모형을 개발하여 마찰계수 예측을 통한 도로살얼음 예측정보를 생산하는 기법 개발도 고려하여야 한다. 아울러 과학적 도로

살얼음 예측정보 생산과 함께 전달기술 개발을 통한 도로 제설관리 및 안전운전 서비스 체계 확립으로 교통사고 저감 및 예방에 기여하여야 한다. 도로살얼음은 쌓인 눈이 녹았다가 다시 언 경우, 약한 비가 내리는 상태에서 기온이 급격히 내려가는 경우, 지표 부근의 기온이 낮은 상태에서 과냉각상태의 비가 내리는 경우, 기온이 떨어지고 습도가 높아지는 경우에 자주 발생한다. 이처럼 도로살얼음은 비, 눈, 안개와 같은 강수 현상이 우선 있어야 한다. 또한 강수가 얼기 위해서 기온이 영하로 떨어져야 하는데, 이 조건은 기온의 일변화에서

최저기온이 나타나는 새벽이나 이른 아침에 많이 발생한다. 도로 주행자에게 검은 아스팔트로 보일 정도로 빙판의 두께가 아주 얇거나 투명하다. 도로살얼음은 시외 고속도로나 시내 대로에서 발생하는 것뿐 아니라 우리의 생활 가까이에서 쉽게 발생할 수 있다. 이와 같은 도로살얼음 발생 특성을 운전자가 사전에 기억하면서 운전시 각별히 신경을 쓸 필요가 있다. 또한 눈이 내린 다음 날 아침 기온이 올라가는 시각에 응달 구간을 지나갈 때 속도를 줄이고 운전하는 것이 도로교통 사고를 줄이는 데 꼭 필요하다. 🇰🇷

참고 문헌

- 김백조, 남형구, 하태룡, 김지완, 이용희, 2021: 겨울철 도로기상 및 노면온도의 시공간 변화 특성에 관한 연구, 한국자료분석학회지, 23(5), 2419-2430
- 김백조, 2021: 도로살얼음, 브레이크 없는 위험, 기상청 하늘사랑, 457권, 18-19
- 김백조, 남형구, 김선정, 김지완, 이용희, 2022: 도로 구조 및 상태에 따른 겨울철 기상요소 및 노면온도의 변화 특성, 한국환경과학회지 심사 중
- 기상청, 2013: 손에 잡히는 예보기술: 겨울철 특이 기상 어는 비와 블랙아이스, 제20호 2013년 1월, pp.7
- 기상청, 2020: 도로살얼음 예측 및 대응 포럼, 서울공군호텔, 2020.11.19.
- 기상청, 2021: 도로살얼음 발생 가능성 정보 시범운영 계획, 2021.12.31.
- 윤상후, 2022: 도로살얼음 발생 위험도 예측모형 고도화 및 정보 전달 표출체계 구축, 2021년도 국민생활안전 긴급대응연구사업 위탁과제 최종보고회, 재해기상연구부, 2022.2.6.
- 한국도로공사, 2021: 살얼음 예방 도로불연속점을 찾아라, 도로살얼음 예측정보 제공 개선 업무협의, 전주기상지청, 2021.3.11.
- 행정안전부, 2020: 오전 6시~10시, 빙판길 교통사고의 40.3% 발생, 보도자료, 2020.12.4.
- 최세로나, 이기영, 오철, 김동균, 2012: 기상 및 교통조건이 고속도로 교통사고 심각도에 미치는 영향분석, 한국교통학회 학술대회지, 66권, 247-252.

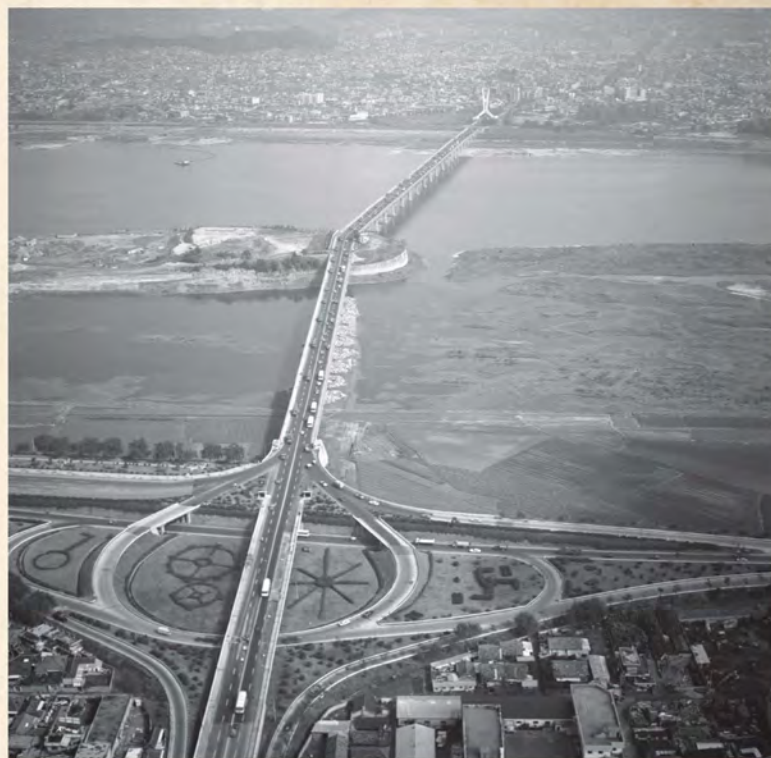
그·날·의·도·로

1965년 1월 25일

그날, 양화대교가 개통되었다

양화대교(楊花大橋)는 서울특별시 마포구 합정동과 영등포구 양평동을 연결하는 왕복 8차로의 한강 다리
로, 제2한강교라고 불렸다. 국도 제6호선과 국도 제
77호선의 일부이기도 하다. 다리 중간에 있는 선
유도공원 부분을 포함하면 다리의 총 길이는 약 1.14
km이다. 양화대교는 현대건설이 1962년 6월에 착
공해 1965년 1월 25일 준공한 구교와, 삼부토건이
1979년 1월에 착공해 1982년 2월 2일 준공한 구교
동쪽의 신교 2개의 다리가 합쳐져 있다.

양화대교 확장공사



1965년 개통한 양화대교(구교)

양화대교의 형성과 변천

제2한강교라는 이름으로 건설된 구교는 8·15광복 후 한국 기
술진에 의해 세워진 최초의 한강다리로, 길이 1,108m, 너비
18m로 건설되어 서울 서부와 수도권 서부를 연결하는 역할을
하였다. 이후 급격한 교통량 증가와 대형차의 빈번한 통과로 말
미암아 교량의 노후문제가 발생하여, 이 문제를 해소하기 위하
여 1982년 2월에 왕복 8차로의 신교를 준공하였다. 양화대교
는 기존의 다리를 확장하고 입체시설도 개선하여 현재의 교량
으로 개축되었다.

신교가 완공됨으로써 양화대교는 4차로 양방향 통행방식의 총
8차로 교량이 되었다. 그러나 1996년부터 성능 개선을 위해 보
수·보강 공사에 들어가 6년 만인 2002년 4월 1일 다시 개통



아치교 개량 이전의 양화대교 모습

양화대교 아치교 개조

2002년의 성능개선 공사가 완료됨과 동시에 양화대교의 차량
통행량은 급증하였다. 2001년까지는 일일 평균 8만여 대의 차
량이 통과하였지만 2002년부터 차량통행량은 증가하여 2009
년에는 일일 평균 13만 4,710대가 양화대교를 통행하였다. 한
편 교량 밑으로 대형 선박이 쉽게 통과할 수 있도록 교량 중앙
의 112m 구간과 이를 지지하던 교각 2개를 해체한 후 로제아
치교를 설치하는 구조개선공사가 2010년부터 2011년 말까지
진행되었다. 이는 경인 아라뱃길을 통한 서해로의 뱃길회복
에 발맞추어 대형선박의 한강 내 운항이 가능하도록 한 사업이
었다.

하였는데, 이전의 4차로 양방향 통행 방식에서 구교는 양평동
방향으로, 신교는 합정동 방향으로 각각 일방통행으로 바뀌었
다. 이와 함께 일산·마포대교·여의도·인천국제공항 쪽에서
양화대교 방향, 양화대교에서 마포대교 방향으로 진출입하는
램프도 함께 개통되었다.

구교의 상부구조는 폭 18m, 길이 1,053m인 강판형교(steel
plate girder) 및 콘크리트 박스거더(concrete box girder)로 구성
되어 있고, 신교는 폭 16.2m, 길이 1,053m인 강판형교로 구성
되었다. 하부기초는 우물통 파일기초 또는 직접기초방법을 적
용하였다.

위, 아치교로 개조
아래, 현재 양화대교



(출처 및 참고자료: ©서울특별시, ©서울역사박물관, ©서울사진아카이브, ©한국민족문화대백과사전)

뜬 다리 부두

이식된 근대, 수탈과 저항의 도시 군산의 탄생

이영천 | 작가

「이렇게 어둡사리 서로 만나 한데로 합수진 한줄기 물은 계서부터 고개를 서남으로 돌려 공주를 끼고 계룡산을 바라보면서 우줄거리고 부여로…… 부여를 한 바퀴 휘돌려 다가는 금히 남으로 먹여 단숨에 논외(論山) 갯강이(江景) 까지 들이 탄다. 여기까지가 백마강이라고, 이를테면 금강의 색동이다. 여자로 치면 흐린 세대에 찌들지 않은 처녀적이라고 하겠다. 백마강은 공주 금나루(熊津)에서부터 시작하여 백제 흥망의 꿈 자취를 더듬어 흐른다. 풍월도 종거니와 물도 맑다. 그러나 그것도 부여 전후가 한참이지, 갯강이에 다다르면 장꾼들의 흥정하는 소리와 생선비린내에 고요하던 수면의 꿈은 깨어진다. 물은 탁하다. 예서부터 옹골 금강이다. 향은 서서남으로 밋밋이 충청·전라 양도의 접경의 굴을 타고 흐른다. 이로부터서 물은 조수까지 섭슬려 더욱 흐르나 그득하니 벅차고, 강 너비가 훨씬 퍼진 게 제법 양양하다. 이튿날 강경 벌은 이 물로 해서 아무 때고 갈증을 잊고 축축하다. 낙동강이니 한강이니 하는 다른 강들처럼 해마다 무서운 물난리를 휘몰아 때리지 않아서 좋다. 하기가 가끔 홍수가 나기도 하지만, 이렇게 에두르고 휘돌아 멀리 흘러온 물이 마침내 황해 바다에다가 깨어진 꿈이고 무엇이고 탁류째 얼러 좌트르 쏟아져 버리면서 강은 다하고, 강이 다하는 남쪽 언덕으로 대저 하나가 올라앉았다. 이것이 군산이라는 항구요, 이야기는 예서부터 실마리가 풀린다.」

채만식이 소설 「탁류」 초입부에서 금강과 강경, 군산에 대해 묘사한 부분이다. 탁한 금강 물이 서해로 풀려나는 곳, 강폭이 양양한 남측 기슭에 군산이 자리한다.

「그리고 산줄기는 곱기듯 이어진 듯하며 동쪽으로 어미 줄기를 찾아 뻗어가고 있었는데, 그 오른쪽으로는 들판이 널따랗게 펼쳐져 나갔다. 바다와 대칭을 이루고 있는 그 벌판 가운데로 기다란 몸짓을 지으며 유유히 흘러내리는 물줄기가 금강이었다. 몇백 리인지 모르게 굽이굽이 흘러내린 금강이 제 몸을 바다에 풀어 맡기는 지점에서 오른쪽 포구에 장항이 자리 잡았고 왼쪽 포구에 군산이 앉아 있었다. 그런데 군산이 바다를 넓게 안고 있어서 예로부터 항구로 진요하게 쓰였고, 수군 초소도 자리 잡아 오게 되었다. 일본이 군산을 개항시킨 까닭도 거기 있는 데다가, 군산은 또 광대한 곡창을 뒤로 거느리듯 하고 있었던 것이다.」

조정래도 「아리랑」이란 소설에서 군산의 입지와 간략한 역사, 개항 주도자가 일본이라는 사실을 밝히고 있다.

쌀 때문에 태어난 군산항

대규모 항만은 몇 가지 입지 조건이 필연적으로 들어맞아야 한다. 가장 중요한 것이 배를 댈 수 있는 접안(接岸) 시설이다. 그만큼 수심이 깊어야 한다. 또한 조수간만 차가 크지 않으면서 해저에 퇴적물이 쌓이지 않아야 한다. 독이나 부두 등 호안(護岸) 시설을 쌓을 수 있는 단단한 지반에, 파도에 침식되지 않는 곳이 유리하다. 인문 지리 측면에선 주요품목이 생산·소비·유통되는 큰 도시 등 넓은 배후지를 품고 있어야 한다. 이런 측면에서 본다면 사실 군산은 대규모 항만으로서 입지 여건이 썩 훌륭한 편은 아니었다.

그런데 일제는 왜 군산을 선택하여, 조선에서 여섯 번째로 개항(1899)시켰을까? 그것은 다른 아닌 '쌀' 때문이다. 값싸고 질 좋은 조선 쌀은 일제에 있어서는 보물 같은 존재였다. 군산 배후엔 호남평야라는 쌀 생산 보고가 있었다. 19세기 말엽, 군국주의 길로 접어든 일제는 낮은 임금을 유지할 목적으로 곡물 수탈을 기획하고 있었다. 따라서 자연스럽게 광활한 호남평야에 주목한다. 질 좋은 쌀을 값싸게 수탈할 최적의 생산지였기 때문이다.

일제는 쌀을 실어낼 장소로, 항구로서 입지 여건이 열악한 군산을 선택한다. 궁여지책이다. 쌀

을 안정적으로 확보해야 하는 처지에, 군산 개항은 매우 절실한 것이었다. 1차와 2차 축항(築港) 공사 땀 바다 쪽으로 뻗은 고정된 잔교(棧橋) 4기를 만든다. 하지만 이는 대량 수송에 한계를 보였다. 이에 일본인들이 고안해 낸 것이 다른 아닌 '뜬 다리 부두'다. 실제로 3차 축항 공사(1932) 때 해안 넓은 면적이 매립되어 수만 평 부두 야적장과 쌀 25만 가마니를 보관할 수 있는 대규모 창고가 생겨난다. 이와 함께 철도가 확장되어 화물용 철도차량 150량이 동시에 출발하는 수송 능력까지 갖추게 된다.



1920년대 잔교(棧橋)를 통해 호남평야에서 생산된 쌀이 일본으로 실려 나가는 모습. 쌓인 쌀가마니가 엄청나다. ©동국사



1920년대 중반 군산항을 통해 쌀이 실려 나가는 모습. 부두와 야적장 저장 창고 등의 모습이 제법 정비되어 있다. ©동국사



1932년 3차 축항 공사가 완료된 후의 모습. 3쌍의 뜬 다리 부두와 바다에 연기를 내 뿜는 대형 기선, 정돈된 창고 등이 본격적 수탈체계가 완성되었음을 말하고 있다. ©동국사



지금 남아 있는 뜬 다리 부두 3호. 퇴적된 펄 등으로 옛 모습과 기능은 다 사라져 버렸다.
©이영천

뜬 다리 부두

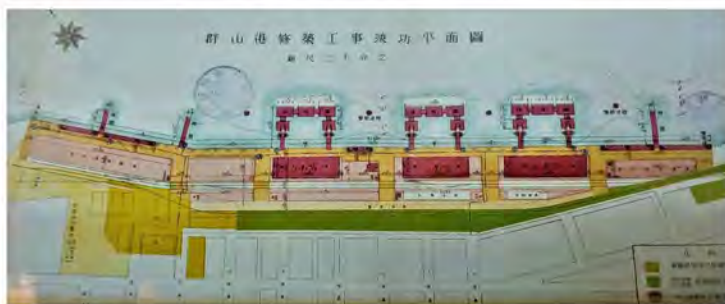
뜬 다리 부두로 인해 군산이 비로소 항만으로서 기능을 하게 된다. 근대 군산은 이 뜬 다리 부두에서 연유하였다. 대규모 항만시설이 들어서기에 부적합한 여건에 뜬 다리 부두는 혁명적인 시설이었다. 이 아이디어가 없었다면 항구는 존재하지 못했다. 외세가 이식시킨 시설이란 한계에도 불구하고, 군산이라는 도시의 탄생에 역사적 실체로 작용한다.

군산항 주요 선박은 길이가 85~

90m에 이르는 3,000~4,000톤급이었다. 이 긴 배를 접안시켜 작업을 효율적으로 진행하려면, 뜬 다리 부두 2개를 한 묶음으로 연결해 운영해야 했다. 옛 군산세관에 전시되어있는 「군산항 수축공사 준공평면도」에서 뜬 다리 부두의 세세한 규격을 알 수 있다.

바다로 나가 있는 뜬 다리 부두 총길이는 55.3m다. 연결다리 끝에 매단 폰툰은 12.9m 정사각형이다. 이 정사각형 폰툰에 5m 길이 세 가닥 뜬 다리를 연결한다. 뜬 다리 끝에 20.4m×12.5m 폰툰을 매단다. 뜬 다리 부두는 한 묶음이다. 묶음을 구성하는 다른 뜬 다리 부두와의 사이에 20.4m×12.5m의 폰툰 하나를 더 설치한다. 한 묶음 뜬 다리 부두에는 20.4m×12.5m 폰툰 3개가 연속해 떠 있는 형상이 된다. 가로 길이는

70m다. 따라서 3,000~4,000톤급 선박에서 작업할 수 있는 뜬 다리 부두는 전체적으로 55.3m×70m(맨 동쪽 묶음은 54.1m×75.1m)의 직사각형이다. 앞서 준공평면도에는 총 3묶음 뜬 다리 부두가 그려져 있다.



옛 군산 세관에 전시 중인 「군산항 수축공사 준공평면도」 도면에서 뜬 다리 부두 축조 당시의 세세한 규격을 살펴볼 수 있다. ©이영천(옛 군산세관에서 촬영)

1905년 1차 공사를 시작으로 1938년까지 총 4차례 항만 공사가 진행된다. 군산항에 총 4묶음 뜬 다리 부두가 만들어진다. 지금은 각 묶음도 다 사라지고, 단일 기능을 하는 3개 뜬 다리 부두만 남아 있다. 모양도 변했다. 연결다리 폰툰에 매단 5m 길이 세 가닥 뜬 다리는 없어졌다. 그 자리를 다른 폰툰이 대신하고 있다. 하나의 묶음을 구성하던 개개 구조물도 다 사라졌다. 남아 있는 뜬 다리 부두 크기와 모양도 처음과는 많이 달라져 있다. 바깥 폰툰 일부가 퇴적된 펄에 묻혀 이젠 그 기능을 다 잃고 말았다.

째보 선창과 쌀이 없는 동네

뜬 다리 부두가 있었던 곳 인근이 일명 '째보 선창'으로 축성 포구다. 이곳이 군산 원류다. 1908년에 개통된 전군가도(全郡街道)가 와 닿은 곳도 이곳 째보 선창이다. 1912년 개통된 익산~군산 간 철도가 이곳 째보 선창을 지나 그 끝이 가 닿은 곳이 군산 내항이다. 째보 선창 북서쪽 바닷가에 뜬 다리 부두가 들어선다. 해망동이다. 소설 『아리랑』에서 째보 선창을 묘사한 부분이다.

「째보 선창은 묘하게도 땅이 양쪽으로 찢어지듯 갈라지듯 하면서 바다와 맞닿아 있어서 배들을 대기가 아주 좋았다. 그래서 옛날부터 선창이 되었고, 날마다 작은 배들이 바글거렸다. 배들이 많이 모여드니까 자연히 객주 집들이 많아지게 되고, 일거리를 찾아 막일꾼들이 언제나 북적거렸다. 그런데 그 선창의 생김새가 여자의 그것처럼 찢었다고 해서 째보 선창이라 한다고도 했고, 언청이의 입술처럼 찢었다고 해서 째보 선창이라 한다가 하면, 하필이면 언청이가 오래도록 유곽을 하고 있어서 째보 선창이라 한다고도 했다.」



1960년대 째보 선창의 모습. 뜬 다리 부두가 생기기 전부터 포구 역할을 했던 째보 선창(축성 포구) 모습이다. ©임성식

째보 선창이 있던 포구는 복개되어 지금은 흔적도 없다. 옛 군산은 이곳 째보 선창에서 시작했다. 군산을 항구로 이름 지어준 곳도 이곳 째보 선창이다. 한국전쟁 때 수많은 사람이 이곳에서 목선을 빌려 피난길에 오른다. 곳곳에 무너지고 깨어져나간 삶들이 째보 선창 펄에 묻힌다. 째보 선창은 군산 사람들에게 그런 곳이다.

째보 선창과 더불어 '쌀을 보관

하는 동네인 장미동(藏米洞)'이 수탈의 상징이다. 지금의 해망동이다. 군산항을 통해 호남평야 쌀이 일본으로 실려 나간다. 이 모든 게 뜬 다리 부두 때문이다. 시인 고은은 절규하듯 말한다. 군산을 있게 한 뜬 다리 부두가 1930년대 조선인들에게 "군산과 그 인근 고장을 '쌀이 없는 고장'으로 만들어 버린다. '쌀의 마을'과 '쌀이 없는 마을'을 동시에 체감하게 했다."고 말한다. 악랄한 수탈의 상징이다. 1930년대 군산에서 쌀이 있는 마을은 해망(장미)동, 신흥동, 월명동 등 주로 일본인들 거주지였다. 쌀이 없는 마을은 너른 징계령에 평야를 비롯해, 탁류에서 초봉이네가 살던 개복동을 비롯한 높은 산골짜기 조선인이 사는 허름한 동네다. 1909년 조선에서 생산된 쌀의 30%가 군산항을 통해 빠져나간다. 1934년엔 전국 총생산량의 50%에 육박하는, 200만 석이 실려 나간다. 말 그대로, 헐벗고 굶주린 조선 백성들의 피와 땀이 헐값에 양겨버린 것이다. 조선 사람들의 몸부림과 아우성이 이곳 뜬 다리 부두에서 곡성(哭聲)으로 들려온다.

근대유산 역설이 희망으로 부활하길

군산은 유독 일제 식민지 유산이 많이 남아 있는 도시다. 이는 항구 운명과 궤를 같이한다. 1960년대 중반을 전후하여 국제무역항으로서 군산항 기능이 급격히 쇠퇴한다. 항로에 쌓인 퇴적토 때문이다. 뜯 다리 부두도 한계가 있었다. 타 항만이 대규모 허브(Hub) 항만으로 번성하는 속도를 따라잡지 못한다. 항만기능 상실의 원인이다. 여기에 1990년 금강하구를 독으로 막아버리면서 항로 퇴적은 그 속도를 더한다. 이음이 아닌 단절이 가져온 재앙이다. 물의 흐름이 막힌 까닭이다.

지금이야 외항을 건설해 대규모 선박 접안이 가능해졌지만, 그때는 그렇지 못했다. 따라서 토지이용 효율이나 고도화, 도시 변화 속도가 상대적으로 더뎠다. 자본이 군산으로 새로운 눈길을 보내지 않는다. 물길이 막히니 돈 길마저 막힌다. 금강하구를 막아선 독을 지금 상태로 존치할 것인지 심각하게 고민할 시기에 이르렀다. 임계점에 다다른 느낌이다. 금강의 문제만은 아니다. 낙동강, 영산강도 마찬가지다. 이제라도 다시 이어주어야 한다. 하구 독 주변 금강호 휴게소 한구석에 서 있는 이광웅 시인의 시비가 모든 것을 말해주고

있다. 어떤 무엇이든 바꿔 내려 한다면 '목숨을 걸고' 부딪쳐야 한다고.

느린 변화와 더딘 발전이 군산에 상대적으로 건축물이나 가옥 등 옛 문물이 훼손당하지 않고 살아남을 수 있는 이유가 되었다. 역설이다. 서글픈 군산의 과거이자 현실이다. 흐름을 거슬러 움직였던 과거가 현재에서 또다시 거슬러 움직이길 기대한다. 우리에게 아픔을 줬던 유산들이 훌륭한 관광자원으로 발돋움하여, 군산에 새로운 활력과 보물이 되어주기를 기대한다.

「탁류」에서 초봉이 남편이 된 고태수가 다니던 은행이, 일제가 군산에 설립한 조선은행이다. 초봉이 아버지 정 주사가, 시세 등락을 이용해 약속만으로 미곡을 매매하는 미두(米豆)장에서 돈을 잃고, 젊은이에게 먹살 잡힌 곳도 이곳 조선은행 인근이다. 조선은행은 일본 18은행과 더불어 수탈 전진기지라는 식민지 폐단을 군산에 이식한 대표적인 건축물이다. 군산세관은 서울역, 한국은행과 더불어 우리나라에 남아 있는 서양 고전주의 3대 건축물 중 하나로 알려져 있다. 빈번하고 번잡했을 물류 흐름이 옛 세관 건물에서 고스란히 읽힌다.



옛 조선은행 군산지점. 지금은 '군산 근대건축관'으로 사용 중이다. ©이영천



옛 군산세관 모습. 일제강점기 군산의 교역량과 항만기능을 가늠해 볼 수 있는 좋은 척도다. ©이영천

해망굴은 신속한 물자수송, 해망동과 군산 도심을 연결하고자 일제가 만든 터널이다. 지금은 차량 통행을 금지하고 보행자 전용으로 사용 중이다. 신흥동에 있는 히로쓰 가옥은 여러 드라마나 영화 촬영지로 유명하다. 히로쓰는 포목점을 운영하며 군산 상권을 좌지우지하던 자다. 군산 주변엔 조선 농민을 수탈하던 대농장주들 호화 가옥도 몇 개 있다. 일제강점기 일본 가옥을 그대로 보존하여 관광·문화상품으로 활용 중이다. 동국사는 일본식 사찰이다. 건물 평면이나 지붕 모양이 습도가 높은 일본 기후와 지형에 맞게 지어진 사찰이다. 이곳에서 시인 고은이 젊은 승려로 잠시 몸담기도 했다.

신음하는 군산

군산은 쇠락으로 신음하고 있다. 얼마 전 큰 자동차 회사가 문을 닫았다. 그곳에서 일하던 노동자들은 하루 아침에 길거리로 내몰렸다. 경영 실패를 노동자들이 실적으로 떠안았다. 바다 쪽을 막아 새로 만든 공업단지에서도 아우성이 들려온다. 사업 철수와 구조조정이라는 차가운 자본 논리가 횡행한다. 노동자들은 일제강점기 때나 지금이나 갈 곳이 없다.

금강이 가로막히자 걸출한 하항(河港)이던 강경도 몰락의 길을 걸었다. 더불어 군산항 기능도 급격히 쇠퇴해 버렸다. 항로에 토사가 쌓였기 때문이다. 강물과 바닷물이 섞이는 기수역(汽水域)에 살던 수많은 종류의 물고기들과 갯벌 생물들이 사라져 갔다. 물의 흐름이 막힌 까닭이다.

군산은 뜯 다리 부두에서 말미암았다. 뜯 다리 부두로 도시가 번성했고, 일제의 쌀 수탈기지가 되었다. 조선 사람들은 고통으로 몸부림쳤다. 뜯 다리 부두로 인해, 군산에 사람들이 모여들었다. 수많은 비극이 잉태되고 삶의 애환이 생겨났으며, 인권이 유린당하고 끈끈한 민족정신과 저항정신이 발현되기도 했다. 뜯 다리 부두의 쇠락으로 도시에 여러 근대유산이 남게 되는 역설도 생겨난다. 그런 유산들이 지금은 훌륭한 관광상품이 되어 있다. 문학이 탄생했고 많은 이야기가 만들어졌다. 뜯 다리 부두를 빼고서 군산을 얘기할 순 없다. 부디 역사의 아픔에서 깨어나, 모두를 잇는 도시로 거듭나길 빌어본다. 🇰🇷

조선시대의 길(5)

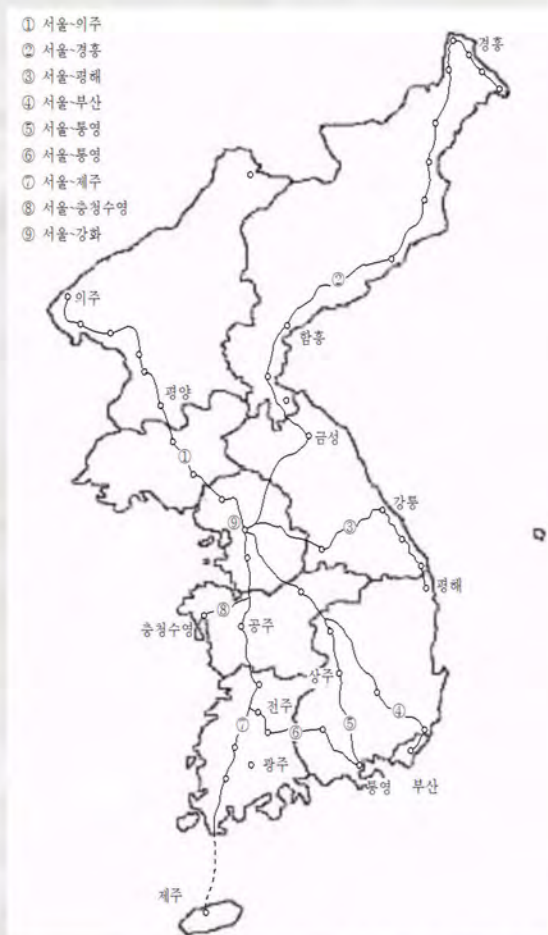
길의 역사 14편

조선시대 전국의 도로망

고려시대의 역도가 거의 그대로 계승되어 조선시대 도로망의 기본이 되어 오다가, 여러 차례의 변혁을 거쳐 조선시대 후기에 이르러서는 전국의 도로를 간선과 지선으로 구분하고 노선번호까지 붙여졌다.

증보문헌비고(增補文獻備考)에는 '서방의 가장 긴요한 9대로'를 정하고 조선시대의 주요 도로망과 그 이름을 알기 쉽게 기록하고 있다. 참고로 이 9로의 시종점을 소개하면 다음과 같다

- (제1로) 서울~의주 : 서울-개성-황주-평양-의주
- (제2로) 서울~서수라 : 서울-금화-원산-함흥-
경흥-서수라
- (제3로) 서울~평해 : 서울-원주-강릉-울진-평해
- (제4로) 서울~부산 : 서울-충주-문경-영천-
경산-부산
- (제5로) 서울~통영 : 서울-상주-현풍-진해-통영
- (제6로) 서울~통영 : 서울-천안-은진-함양-
진주-통영
- (제7로) 서울~제주 : 서울-정읍-나주-해남-제주
- (제8로) 서울~충청수영 : 서울-평택-신례원-충청
수영-보령
- (제9로) 서울~강화 : 서울-김포-강화



조선시대의 도로망도(후기)

도로의 등급

앞에서 언급한 도성내의 도로 등급인 대·중·소로는 외방도로의 그것과는 명칭만 다를 뿐 구조는 전혀 달랐다. 그리고 같은 외방도로도 조선 초기와 후기의 사이에 차이가 있었다. 

조선전기의 도로등급

대 로	중 로	소 로
서울 - 개성 - 서울 - 죽산 - 서울 - 직산 - 서울 - 포천 - 서울 _____	- 중화 - 상주 ...진천 - (황간) - 성주 - (공주) - 전주 - 화양 - 양근	나머지 도로

※ 자료 : 경국대전

조선후기의 도로등급

대 로	중 로
서울-양주-개성-	- 김천 - 중화 - 평양 - 의주
서울-광주-용인-	- 용인 { 음죽(무곡) - 충주 - 문경 - 상주
.....	- { - 충주 - 단양
	- 진천 - 청주 - 황간
.....	- (서울) - 수원 - 직산 - 공주(일신) - 전주
서울-포천-영평	- 철원 - 회양 - 경성 (부령)
	- {
	- { 경성 - 회령
	- { 회령(풍산) - 회령 - 은성
	- { 경성
.....	- (서울) - 양주 - 양근

※ 자료 : 속대전과 대동여지도

참고자료

- 국사편찬위원회
- 한국민족문화대백과사전
- 한국학중앙연구원
- 도로백서, 건설교통부(2003)

(다음 호에 계속) 조선시대의 길(6) - 길의 역사 15편



이지그룹(주)

세계 최초 특허 'LED 프리패턴 반사시트'로 스마트 도로교통 표지판 선보여

이지그룹 주식회사는 시트 발광장치용 도광필름을 기반으로 도로교통표지판, 교통안전표지, 창문부착형 실내간판, 인테리어 조명제품 등을 개발하고 생산하는 LED 전문 업체이다. 이지그룹은 “빛이 있는 곳에 이지그룹이 있다”는 슬로건처럼 세상의 더 많은 사람들이 가장 편하고 가장 자유롭게 빛을 이용하는 것을 추구한다.

EZ GROUP, LED 간판 및 조명의 혁신기술 개발 기업

이지그룹에서는 특허 받은 독자적인 기술인 EZ Free Sheet(면 발광장치용 도광필름)를 기반으로 G-Sign Way(도로교통 표지)와 G-Sign Window(창문부착형 실내간판)를 생산하고 있다. 이지그룹은 2004년부터 기존 Signage의 제한된 사이즈 및 각도, 빛반사, 내구성 문제를 해결하기 위해



약 20여 년간 연구개발을 해왔으며, 2011년 세계최초로 어떠한 각도나 형태로든 광범위한 G-SIGN 솔루션 제공이 가능한 패턴기술을 발명하게 되었다. 바로 EZ Free Sheet에 그 비밀이 숨겨져 있다.

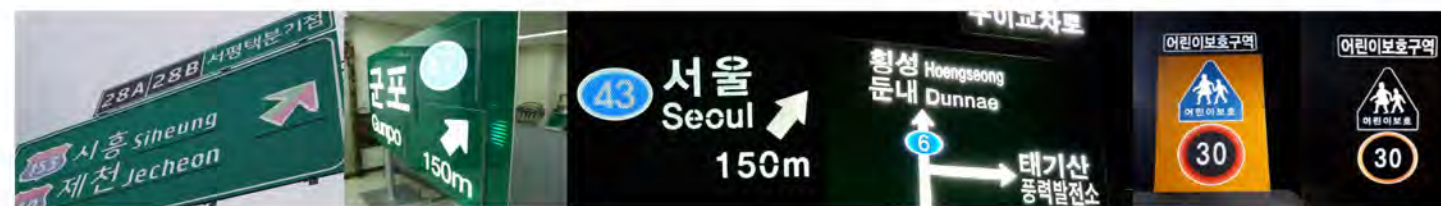
EZ Free Sheet, LED 간판의 새로운 표준을 제시하다

이지그룹은 2004년부터 기존의 Signage의 제한된 각도와 빛 반사, 짧은 내구성 등 문제를 해결하기 위해 3년 동안 700여 회에 달하는 실험을 해왔다. EZ Free Sheet의 핵심기술력은 아크릴판 자체를 가공하는 기존 도광판과는 달리 반사시트에 특수패턴을 광학 접착기술로 접착시킨 필름이다. 특히, 기존 업계에서 사용하고 있는 도광판(Light Guide Plate)의 제조 방법인 Laser V-Cut, 아크릴 V-커팅 과정을 거치지 않고, 다양한 광고 표현과 대형화 및 대량생산이 가능한 제3세대 도광 필름 기술이다. EZ그룹은 G-SIGN 브랜드를 탄생시켜 EZ Free Sheet 기술 패턴으로 다양한 SIGN 제품을 개발하고 있다.

WHY EZ FREE SHEET?

EZ Free Sheet는 특수패턴의 광학접착기술로 개발된 발광 필름이다. LED 조사 방향에 구애받지 않고 다양한 형태의 writing을 구현할 수 있는 세계 최초의 Free Pattern의 발광 필름이다. EZ Free Sheet는 제조공정의 단순화, 세상의 모든 빛 구현, 외부환경에 대한 탁월한 복원, 모든 각도에서 선명한 광고인식 등의 우수한 장점이 있다.

특히, EZ Free Sheet는 세계 최초의 표면 조명 간판 모듈을 개발하여 도로표지 및 간판시장에서 혁신적인 제품으로 평가받고 있다. 효율적인 패턴 밝기는 기존 방식의 도광판보다 30~160% 이상 밝으며, 전기비도 형광등의 1/20, 기존 LED의 1/2 수준으로 낮아 에너지를 절감할 수 있다. 또한 작업 공정이 간단하고 별도의 장비가 필요 없기 때문에 작업시간을 단축하고 인건비와 장비 관리비 등의 작업 비용 절감도 가능하다. 이지그룹은 EZ Free Sheet 기술을 기반으로 모듈방식 발광형 도로교통 표지판의 B2G 사업과 EZ Free Sheet 원천기술 해외 진출의 B2B 사업을 병행하고 있다.



EZ Free Sheet	▷ 형광 도광판 없이 LED도광판 또는 광고사인, 도로표지판, POP, 윈도우 간판, 쇼케이스, 유리 등에 손쉽게 시공 가능 ▷ 패턴 하나로 원하는 형태, 색상, 폰트, 사이즈, 이미지 표현 가능 ▷ 우수한 내구성, 로스를 최소화, 저비용으로 시공 가능	
G-SIGN Way (도로교통부문)	▷ 특허받은 모듈 방식의 발광표지판으로 기존 표지판에 그대로 적용 가능 ▷ 설치·시공시간 및 비용의 획기적 절감, 쉽고 간편한 유지보수, 고효율 태양광 시스템을 적용하여 에너지 절감 ▷ 색상이 선명하고 문자부 집광 기능으로 원거리 시인성과 가독성 탁월	
G-SIGN Window (창문부문)	▷ 세계 최초 윈도우 LED Signage 특허를 획득한 기술로 유리창문 광고 간판으로 손쉽게 활용 가능 ▷ 이동설치 및 교체가 가능한 프레임으로 설계되어 누구나 손쉽게 재설치 가능 ▷ 내구성, 저전력뿐만 아니라 재사용이 가능하여 경제적으로 우수	

우수한 기능의 G-Sign Way

특허 받은 면 발광장치용 도광필름은 어떠한 방향에서도 시인성과 가독성이 우수하며 습기시험(40℃, 85%RH, 48시간)과 증류수를 활용한 침지시험(23℃, 168시간)도 통과하여 외관의 변화가 없는 강한 내구성을 갖추고 있다. 또한 발광시트와 도광판 사이 온도 차로 인한



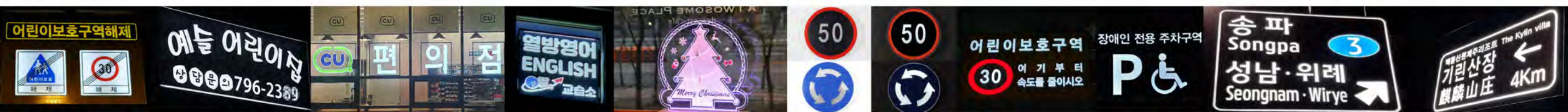
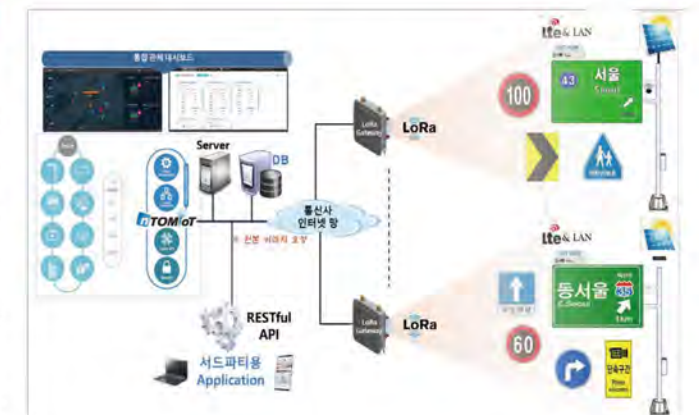
들뜸 현상이 없어져 표지판의 흑화현상과 시트 분리현상이 없는 것도 장점이다. 아울러 기존 도로표지판을 이용하여 G-Sign 제품으로 변경 설치가 가능하여 비용절감, 시간절약 뿐만 아니라 환경 문제를 개선할 수 있기 때문에 정부 예산 절감 및 국민편의 증대에 기여할 수 있다.

여러 개의 모듈로 구성하여 도로표지판을 제작하는 G-Sign Way는 오랜 사용으로 유지보수가 필요할 때에는 수리가 필요한 모듈만을 탈착시켜 유지보수가 편리한 특징도 있다. 도광판 전체에 시트를 부착하는 기존의 간접조명 방식에 비해 글자 또는 도형 부분에만 도광필름을 부착하여 시트에 의한 빛의 손실과 굴절을 최소화하여 기존 간접조명방식의 도로표지판에 비해 높은 조도를 보여 우수한 시인성과 가독성을 유지한다.



면발광조명식 IoT 기반 지능형 도로교통 표지판 시스템

이지그룹에서 개발한 '면발광조명식 IoT 기반 지능형 도로교통 표지판'은 모듈방식 도로표지 또는 교통안전표지를 활용하여 구축된 관제시스템을 기반으로 각종 표지판의 등록·수정·삭제는 물론 용도·규격 등을



DB로 구축하여 관리하고 GIS를 기반으로 용도별·지역별로 지도에 표시하여 운용 상태를 실시간 모니터링하는 시스템이다.

특히, 먼 발광장치용 도광필름을 핵심 기술로 하여 기존 표지판이 갖고 있는 빛산란, 광섬유 부식, 높은 소비전력, 가독성 저하의 문제점을 해결하였으며, 기존 표지판을 그대로 활용하여 환경 오염 문제도 개선하고 고급 생산 인력이 필요 없도록 제작 공정을 단순화한 장점이 있다. 또한 관제를 위한 각종 소프트웨어 및 하드웨어를 모듈방식 발광형 표지판에 구현하고 필요에 따라 관리를 위한 센서를 추가하기 용이하여 확장성이 편리하며, 높은 전력 효율 모듈방식 도로표지를 통한 탄소중립화 실현, 발광형 표지판의 On/Off 및 원격 리셋, 환경센서를 활용한 기온, 대기질 파악 등 많은 장점을 보유하고 있다.



스마트 도로 표지판	스마트 관리 통합 플랫폼
▷ IOT 소프트웨어, 모듈방식 발광형 표지판, 태양광모듈, 모듈형 배터리를 통합한 디자인을 통해 각 설치 구역의 상황을 스마트 관리 통합관리 시스템으로 전송	▷ 스마트 관리 통합 플랫폼으로 통합된 서비스 데이터를 관제하고 서비스 관점에서 시각화하여 모니터링 하기 위한 솔루션 ▷ 스마트 관리 통합플랫폼의 기본 데이터를 빅데이터화하여 시각화에 적합하도록 모델링



미니 인터뷰

EZ GROUP 강지원 대표이사

이지그룹에서 개발한 LED 프리패턴 반사시트가 무엇인가?

면(Sheet) 발광장치용 도광필름 기반의 기술로 아크릴판 자체를 가공하는 기존 도광판과는 달리 반사시트에 특수패턴을 광학 접착기술로 접착시킨 필름이다. 우리 이지그룹에서 개발한 반사시트는 EZ Free Sheet라고 명칭하며, 'G-Sign'이라는 브랜드 이름으로 사업을 추진 중이다.

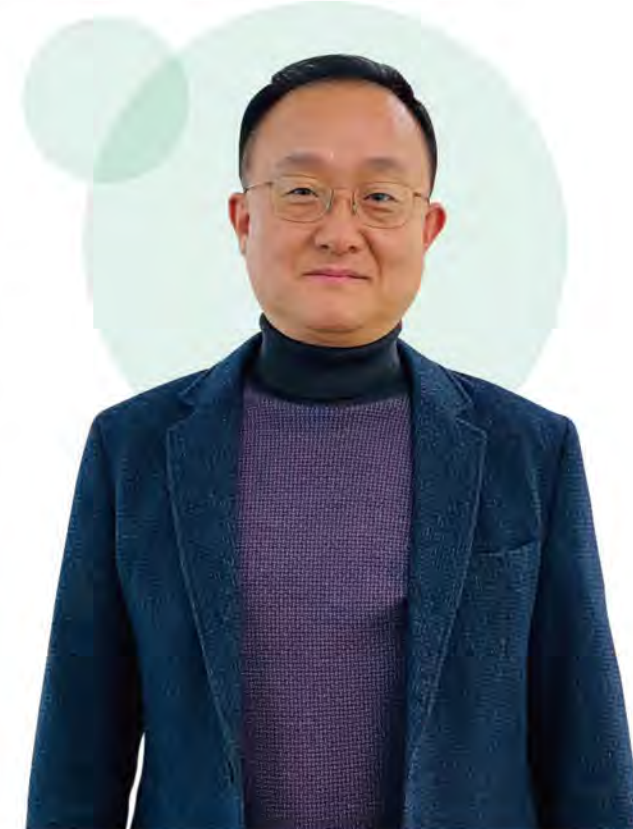
기존 반사시트 기술과의 차이점이 있다면?

EZ Free Sheet 기술은 기존 업계에서 사용 중인 Light Guide Plate(도광판)의 제조 방법인 Laser, V-Cut 등 과정을 거치지 않고, Sheet 제품 하나로 빛을 구현하는 LED 간판 혁신 기술이다. EZ Free Sheet는 다양한 분야에 적용할 수 있다.

EZ Free Sheet는 어떤 분야에 적용하고 있는지?

도로교통 표지판, 교통안전표지 제작에 사

용된다. 원천 기술인 EZ Free Sheet는 기존 형광 도광판 없이 LED도광판 또는 광고사인, POP, 유리창문, 각종 간판, 쇼케이스, 유리 등에도 최소의 로스율로 누구나 손쉽게 시공이 가능한 특허기술 제품이다.



이지그룹은 각종 특허와 국제인증 등을 활발히 추진 중이던데?

EZ Free Sheet 기술의 사업 확장과 동시에 기술력을 인정받기 위해서다. 지자체, 공사, 공단, 고속도로 등 도로교통 시장에도 더욱 활발한 사업을 위해서 ISO 국제인증도 받았고, 최근에도 발광장치 시트 관련 특허도 추가로 받았다.

도로교통 표지판 부문 사업도 최근에 활발하게 추진 중이다. 앞으로의 계획이 있다면?

고령 운전자 교통사고가 지속적으로 증가하고 있고, 스쿨존 내 어린이 교통사고가 줄지 않는 상황을 반영해 이에 맞는 도로교통 표지판 개발 사업을 추진 중이다. 그리고 국내·외 교통관련 전시회에도 적극 참가하여 우리 기술과 제품을 홍보할 예정이다.

최근에 전시하고 있는 제품 중에 소개할 기술이 있다면?

면발광조명식 IoT 기반 지능형 도로교통 표지판이다. 모듈방식 도로표지이나 교통안전 표지를 활용하여 구축된 관제시스템을 기반으로 하는 기술이다. 각종 표지판 등록·수정·삭제는 물론 용도·규격 등을 DB로 구축하여 관리하고, GIS를 기반으로 용도별·지역별로 지도에 표시하여 운용 상태를 실시간 모니터링할 수 있다.

해외사업도 추진하고 있는지 궁금하다.

물론이다. EZ Free Sheet 원천기술 공급을 위해 슬로베니아, 네덜란드, 미국 등에 수출하면서 해외시장 확장의 기반을 다지고 있다. 현재 이지그룹에서 집중하고 있는 도로교통 시장은 특허, 디자인등록, 신기술 등 기술력과 국제 품질인증 기준이 매우 엄격하다. 이지그룹이 확보한 각종 특허와, 디자인등록, 국제인증을 통해 해외진출의 기반을 다지고 있다.

국내에 EZ Free Sheet 기술이 적용된 도로교통분야 현장이 있다면?

전주시, 서해안고속도로, 횡성 둔내 부근 고속도로, 지자체 어린이보호구역 등에 설치되었다. 이밖에 건물 유리창문에 공고간판으로 많이 설치되고 있다.



이지그룹이 '2022 대한민국을 빛낸 인물'에서 브랜드 대상을 수상했다.

혁신 발광형도로표지판으로 브랜드 대상을 수상했다. 모듈형 발광 도로표지판 지싸인웨이의 장점들을 인정해주지 않았나 싶다. 기존 표지판 철거가 필요없는 친환경적인 부분과 EZ Free Sheet 원천기술의 시인성과 가독성 면에서의 우수한 장점을 인정 받은 결과이다.

도로교통 안전시설 부문에서도 기술 융·복합이 대세다. 어떤 부분에 주목하고 있는지 궁금하다.

도로환경의 온습도, 미세먼지뿐 아니라 표지판의 작동상태 및 AS 관리를 실시간 모니터링하는 IoT smart 통합 관리 플랫폼을 연구하고 있다. 최근 급격한 날씨변화와 환경문

제로 운전자와 보행자 모두 다양한 위험에 직면해 있는데, 안전운전에 기여할 수 있는 도로환경을 조성하기 위해 노력하겠다.

도로교통 분야에서 향후 계획이 있다면?

태양광과 연계한 '보행자 태양광 스포트라이트와 면발광 안전 시스템', '자전거 횡단용 태양광 면발광 안전 표지판 시스템', '스마트 고속 경보시스템' 등을 연구 개발할 예정이다.

마지막으로 하실 말씀이 있다면?

앞으로도 실효성 있는 원천기술의 기술사업화, AI, IoT 등을 접목한 도로시설물 개발, 신시장 개척 등 우수한 중소기업 환경을 조성하여 도로협회는 물론 정부, 공공기관, 지자체, 협력사와의 좋은 파트너십으로 자리매김할 수 있도록 노력하겠다. 🇰🇷

안전을 최우선으로 생각하는 기업 이지그룹



TEL : 031 8027 0114 FAX : 031 790 3081 E-mail : ezgroup@naver.com
본사 : (우12930) 경기도 하남시 조경대로 150(덕룡동 762) ITECO 오렌지존 846호

서해안 산업 벨트 활성화와 중부내륙 연결의 중심! 연내 개통 예정인 아산~천안고속도로!



충남 산업의 중심, 천안과 아산을 잇는 아산~천안고속도로가 연내 개통을 목표로 순항 중이다. 중부권 교통·물류 이동의 중심이 될 아산~천안고속도로가 개통되면 충남 북부지역 산업·경제에 활발한 교류를 기대할 수 있다. 특히, 현대차 아산공장과 삼성디스플레이, 삼성반도체 등 3,000여개 기업의 물류수송 비용이 크게 절감될 것이다.

아산~천안고속도로 사업개요

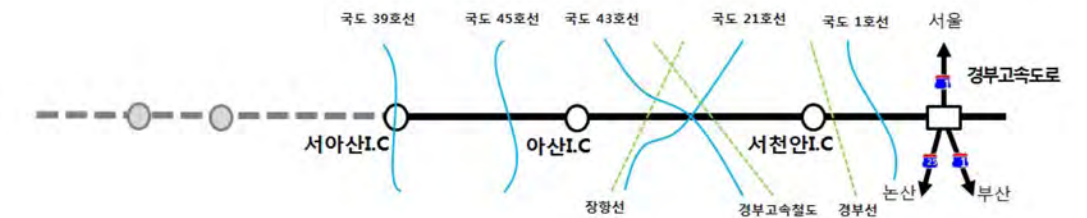
아산~천안고속도로는 전국 간선 도로망 계획(7x9+6R)의 동서 5축으로 서해안고속도로와 경부고속도로를 연결하는 노선이다. 지난 2015년 착공된 아산~천안고속도로 건설 공사 구간은 연장 20.86km 총사업비 약 1조 4천억 원이 투입되어 2022년 말 혹은 2023년



초에 준공될 예정이다. 아산~천안고속도로는 통행수요 및 물류수송의 수요가 급격히 증가되고 있는 아산·천안권과 청원·청주권간의 교류를 확대하고 서해무역·연안항 및 산업 벨트축의 활성화를 도모하기 위한 사업이다. 아산~천안고속도로가 개통되면 아산에서 경부고속도로까지 35분에서 15분으로 단축되며, 통행시간 절감에 따른 물류비용 편익은 매년 약 650억 원 이상 달할 것으로 예상된다.

참고로 공사의 총 구간인 당진~천안고속도로 중 아산~천안고속도로는 1단계, 아산 인주에서 염치까지는 2단계, 당진에서 인주까지는 3단계로 나눠 공사하게 되며, 3단계까지 모두 개통하면 서해안고속도로, 서부내륙고속도로, 경부고속도로를 동서로 잇는 고속도로가 된다.

국가 주요 간선도로 및 철도 횡단이 많은 노선



아산~천안고속도로는 주요 간선도로와 철도를 가장 많이 횡단하는 노선이다. 또한 사업비의 약 30%가 토지보상비로 투입되어 보상비 비율이 다소 높는데, 이는 도심지 통과지역과 분기점이 많기 때문이기도 하다. 특히 본 노선은 경부고속도로, 국도 39호선, 45호선, 43호선, 21호선, 1호선과 철도 장항선, 경부고속철도, 경부선을 지나는데, 서아산IC, 아산IC, 서천안IC, 천안JCT, 서아산IC R-A교, 석정3교, 배방대교, 삼성교, 세교3교, 구룡2교 등 나들목 3개소와 분기점 1개소, 교량 52개(8.2km), 터널 5개(1.9km)가 건설된다.





충남 지역특색을 고려한 랜드마크 탄생



아산~천안고속도로는 충남 지역특색을 고려한 경관 디자인을 적용하여 배방대교와 현충사 지하차도를 건설하고 있다. 3공구 대우건설이 시공하는 배방대교는 이순신 장군의 장검을 형상화한 117m 높이의 주탑을 자랑하는 580m 사장교와 1,590m의 Bicon거더교, 360m의 프리텐션거더교로 구성된 총 2,530m의 교량이다. 또한 2공구에서는 현충사 처마모양을 적용한 국내 최장 660m 고속도로 본선 지하차도도 건설된다. 특히 배방대교는 경부고속도로와 천안~논산고속도로가 교차하는 천안IC에 위치하는데, 완공되면 각 고속도로를 서로 잇는 연결 도로만 12개에 달하는 거대한 분기점이 탄생한다. 이는 전국 고속도로 분기점 가운데 가장 많은 숫자이다.



건설공사에 증강현실(AR) 활용



증강현실(Augmented Reality)은 현실세계의 화면에 실시간으로 가상의 사물이나 정보를 합성하는 컴퓨터 그래픽 기법이다. 증강현실이 가상현실(VR)과 다른 점은 가상현실은 현실에서 존재하지 않는 가상의 세계를 체험하는 것이라면, 증강현실은 현실세계에 별도로 제작된 부가 콘텐츠를 실시간 합성한다는 점이 다르다. 한국도로공사 아산천안건설사업단은 보다 쉬운 사업 설명과 이해를 돕기 위해 기존 지도상의 지형도 등을 이용하여 건설노선의 가상이미지를 실제 시공될 위치에 표출하는 증강현실 기법을 적극적으로 이용하였다. 특히, 완공 전후 시공현장을 누구나 생생하게 미리 체험할 수 있도록 하여 관계자와 지역주민의 이해를 도왔다.

아산~천안고속도로 추진현황	
2005. 06	예비타당성 조사
2006. 12	타당성 조사
2010. 07	기본설계
2010. 10	당진~천안고속도로 추진방안 수립 (아산~천안 先추진)
2013. 12	실시설계
2015. 12	공사착수

아산~천안고속도로 공사 개요	
공사기간	2015. 12 ~ 2022. 12 (7년간)
주요시설	나들목 3개소, 분기점 1개소, 교량 52개(8.2km), 터널 5개(1.9km)
사업효과	경부선 교통보상 (이용 교통량 14% 감소) 물류비 절감 (연간 약 700억 원 절감)
시공사	대우건설(1공구, 3공구), 롯데건설(2공구), HDC현대산업개발(4공구, 5공구)

자전거 도로 정보 1편

- 국토종주 자전거길 Intro -

등으로 자전거를 이용하는 사람들이 많아지고 있는데, 월 1회 이상 자전거를 이용하는 국내 인구도 약 1,300만 명에 달한다고 한다. 앞으로 도로교통 저널에서는 자전거 도로에 관심을 갖고 관련 문화, 레저 등의 콘텐츠를 연재할 예정이다. 독자들께서 자전거를 통해 건강과 행복을 지키기를 바란다.

국토종주 자전거길?

국토종주 자전거길은 인천부터 부산까지 구간별 인증을 받을 수 있는 12개의 자전거길로 구성되어 있다. 12개의 국토종주 자전거길은 아라자전거길, 한강자전거길(서울구간), 남한강자전거길, 새재자전거길, 낙동강자전거길, 금강자전거길, 영산강자전거길, 섬진강자전거길, 오천자전거길, 동해안자전거길, 제주환상자전거길이다.

자전거계의 경부고속도로

자전거 여행을 하는 사람들에게 국토종주 자전거길의 평가는 매우 높다. 예컨대 국토종주를 하면서 즐기는

자연 경관, 자전거 전용도로를 통한 이용객 안전 등으로 성공적인 정책으로 자리매김했다. 국토종주 자전거길이 개통되기 전에는 초보자에게 서울~부산 주파는 상당한 모험이었지만, 지금은 초보자라도 의지만 있으면 국토종주 자전거길을 통해 서울에서 부산까지 주파할 수 있다.

종주 인증제

행정안전부와 국토교통부는 국토종주 자전거 시대를

열고 자전거길 여행에서의 소중한 추억을 간직할 수 있도록 2012년 4월 22일부터 '국토종주인증제'를 시행하고 있다. '국토종주인증제'란 국토종주 자전거길을 달린 뿌듯함과 추억을 간직할 수 있도록 여권처럼 생긴 인증수첩에 주요 지점의 스탬프를 모두 찍으면 자전거길 종주 사실을 공식적으로 인정해 주는 것을 말한다.

종주 구분	인증 기준	기념품
구간별 종주	한강종주 : 아라한강갑문에서 충주댐까지 종주 남한강종주 : 팔당대교에서 충주탄금대까지 종주 북한강종주 : 밝은 광장에서 춘천 신매대교까지 종주 새재종주 : 충주 탄금대에서 상주상봉교까지 종주 낙동강종주 : 안동댐에서 낙동강하굿둑까지 종주 금강종주 : 대청댐에서 금강하굿둑까지 종주 영산강종주 : 담양댐에서 영산하굿둑까지 종주 섬진강종주 : 섬진강생활체육공원에서 배알도수변공원까지 종주 오천길종주 : 행촌교차로에서 함강공원까지 종주 동해안(강원)종주 : 고성 통일전망대에서 삼척 고포마을까지 종주 동해안(경북)종주 : 울진 은어다리에서 영덕 해맞이공원까지 종주 제주환상종주 : 제주도 해안도로 일주	인증 스티커
국토 종주	아라해협갑문에서 낙동강하굿둑까지의 구간을 종주한 자전거길 이용자로 해당 구간의 모든 인증센터(인증부스)에서 인증스탬프를 날인한 자	인증서, 인증스티커 (무료) / 인증메달 (유료) (우리강 이용 도우미에서 구매 가능)
4대강 종주	한강, 금강, 영산강, 낙동강 등 4대강 자전거길을 모두 종주한 자전거길 이용자로 해당 구간의 모든 인증센터(인증부스)에서 인증스탬프를 날인한 자	
국토완주 그랜드슬램	전 구간을 종주한 자전거길 이용자	

아름다운 우리 산과 강을 이어주는 국토종주 자전거길은 자전거 마니아들 사이에서 없어서는 안 될 존재이다. 최근 들어 우리나라도 여가활동과 삶의 질 향상



인증서 및 인증메달(국토종주, 4대강 종주, 그랜드슬램시 제공)

인증스티커



국토 종주 인증서



4대강 종주 인증서



그랜드슬램 인증서



국토 종주 인증메달



국토종주 자전거길 소개

	① 북한강자전거길 (밝은 광장 ~ 춘천 신매대교, 70Km) 경춘선 폐철교와 북한강 강변을 활용한 자전거길		⑦ 제주환상자전거길 (제주도 해안도로 일주, 234Km) 해안도로를 따라 제주도의 아름다운 해변과 송악산, 쇠소깍, 성산일출봉 등 멋진 자연경관을 감상할 수 있는 자전거길
	② 아라자전거길 (아라서해갭문~아라한강갭문, 21Km) 경인아라뱃길을 따라 활주로처럼 일직선으로 달릴 수 있는 자전거길		⑧ 동해안자전거길(강원구간) (고성 통일전망대~삼척 고포마을, 242Km) 금빛 모래가 펼쳐진 해안절경 및 주문진 대포항 등의 항구도시의 활기찬 모습을 체험할 수 있는 자전거길
	③ 오천자전거길 (행춘교차로~함강공원, 105Km) 다섯 개 하천을 따라 새재와 금강을 잇는 오천자전거길		⑨ 동해안자전거길(경북구간) (울진 은어다리~영덕 해맞이공원, 76Km) 해안도로를 달리면서 푸른 동해바다의 내음과 아름다운 풍경을 느낄 수 있는 자전거길
	④ 금강자전거길 (대청댐~금강 하굿둑, 146Km) 백제의 숨결을 따라 자연의 조화로움을 느낄 수 있는 여유로운 자전거길		⑩ 한강종주자전거길 (아라한강갭문~충주댐, 192Km) 한강을 따라 도시 속 휴식처 및 옛중앙선 폐철도 구간을 달리는 자전거길
	⑤ 영산강자전거길 (담양댐~영산강 하굿둑, 133Km) 남도풍경에 매료되어 시처럼 그림처럼 유유자적한 황홀한 자전거길		⑪ 새재자전거길 (충주탄금대~상주 상포교, 100Km) 한강과 낙동강을 잇기 위해 이화령 고개를 넘는 짜릿한 자전거길
	⑥ 섬진강자전거길 (전북임실 섬진강 생활체육공원~전남광양 배알도수변공원, 149Km) 자연 그대로의 모습을 간직한 섬진강의 아름다움을 그대로 살린 명품 자전거길 ※ 국토종주노선 148Km, 영산강~섬진강 자전거길 연결노선 26Km		⑫ 국토종주 낙동강자전거길 (상주 상포교~낙동강 하굿둑, 385Km) 국내에서 가장 긴 자전거길로 다양한 경험과 볼거리가 가득한 즐거운 자전거길 ※ 낙동강종주 자전거길 (안동댐~낙동강 하굿둑, 389Km)

참고자료

- 자전거 행복나눔 누리집(www.bike.go.kr)
- 행정안전부 누리집(www.mois.go.kr)

(다음 호에 계속) - 자전거 도로 정보 2편

수도권 제2순환고속도로 순환 중심축! 화성~광주고속도로 개통!



수도권 제2순환고속도로

수도권 제1순환고속도로 외곽에 약 260km를 환형으로 잇는 수도권 제2순환고속도로 건설사업이 가속화되고 있다. 국토교통부가 14개 사업구간 가운데 이번에 개통된 이천~오산 구간을 시작으로 올해 남양주 화도~양평 구간(17.61km) 중 12.4km, 안산~인천 구간(21.97km) 중 시화MTV 구간 3.2km 등 2개 구간이 추가로 개통 예정이다. 특히, 이번 이천~오산 구간인 화성~광주고속도로 개통으로 경기 남동부 지역의 교통환경이 크게 개선되었으며, 수도권 제2순환고속도로 전체 개통에도 한 걸음 다가가게 되었다.



화성~광주 간 고속도로 개통

이천~오산고속도로 민간투자사업인 화성~광주고속도로가 3월 21일 개통했다. 화성~광주고속도로는 경기 화성시 동탄면 방교리에서 광주시 도척면 진우리를 연결하는 총 연장 31.2km, 총 1조 4,957억 원이 투입된 왕복 4차로 민자고속도로로 2017년 3월 착공 이후 5년 만에 개통하게 되었다. 화성~광주고속도로는 제2차 국가도로망 기본계획(2021~2030)인 남북 10축·동서 10축·6개 방사형 순환망(10 × 10 + 6R2)의 주요 순환축인 '수도권 제2순환고속도로'의 남동부 단절구간을 연결하는 노선으로, 현재 운영 중인 봉담~동탄고속도로와 이천~양평고속도로(2026년 개통예정)를 연결하는 고속도로이다.

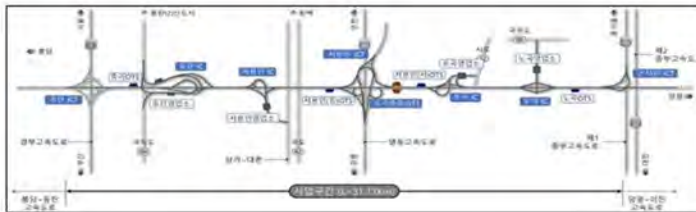


화성~광주 최단거리 연결



화성~광주고속도로는 남북축 위주의 고속도로망을 보완하여 경기 남동부 지역 접근성을 향상시켜 수도권 교통여건을 크게 개선시키고 있다. 이번 화성~광주고속도로 개통으로 수도권 남부지역의 교통흐름은 한결 여유로워지고 물류 여건도 좋아졌다. 이번 고속도로 개통으로 최단거리로 연결되는 화성시와 광주시 간 이동거리는 25km 줄었고, 통행시간은 약 30분 단축되었다.

경부·영동·중부고속도로 연결



화성~광주고속도로는 동탄JCT, 영동 서용인 JCT, 중부 곤지암JCT 등이 신설되어 경부고속도로, 중부고속도로, 영동고속도로가 연결되는

노선으로, 주요 고속도로의 교통량 분산이 가능해져 기흥나들목~신갈분기점 등 기존 상습정체구간의 지·정체도 완화되고 있다. 또한 물류 교통량이 많은 서해안고속도로, 평택~시흥고속도로를 경부고속도로와 중부고속도로 등 주요 고속도로와 연결하여 연간 약 960억 원의 물류비용을 절감할 수 있을 것으로 보고 있다.

고속도로 첨단기술 적용 및 편의시설 제공

화성~광주고속도로는 안전한 도로이용 환경을 조성하기 위해 첨단기술을 적용하고 다양한 편의

시설을 설치하였다. 위험구간 정비를 위해 도로교통공단의 특수차량(Traffic Safety Checking Vehicle)을 이용한 교통안전점검을 개통 전에 실시하였으며, 고정식·이동식 과속단속 장비도 9개소 설치하였다. 주요 나들목, 영업소, 터널입구 등 16개 제설 취약구간에 원격조정 자동염수분사시설을 설치하였으며, 살얼음이 발생하여 교통안전이 저해될 수 있는 교량에는 기상정보시스템(Weather Information System) 2개소를 구축하여 기상상황 정보를 전광판에 사전 안내토록 하였다. 운전자들의 휴식을 위한 포곡졸음쉼터도 2개소(양방향 1개소) 설치하였으며, 통행료 납부 편의향상을 위해 원톨링시스템(One Tolling System, 무정차 통행료 납부시스템)을 도입하여 다른 고속도로 구간과 연계 이용 시에도 요금을 통합하여 한 번에 결제할 수 있게 하였다. 🇰🇷

사업개요	
사업구간	경기도 화성시 동탄면 방교리 ~ 경기도 광주시 도척면 진우리
사업자	화성광주고속도로(주)(금호건설 등 8개사)
사업방식	BTO (준공시 소유권 국가귀속, 30년간 운영)
연장	31.17km(4차로)
투자비	1조 4,957억 원 (민간 7,242, 건설보조 835, 보상비 6,880)
건설기간	60개월 (2017.03~2022.03)
주요시설물	분기점 3개소, 나들목 4개소, 졸음쉼터 2개소
통행료	3,700원 (소형차 기준 전 구간 주행 시)



세계 최장 현수교로 유럽과 아시아를 잇다! - 차나칼레대교 개통 -



DL이앤씨와 SK에코플랜트, 금자탑을 쌓다

대한민국 건설회사의 기술과 국산 자재로 완성한 세계 최장 현수교인 차나칼레대교가 세계에 당당히 모습을 드러내며 3월 18일 개통했다. DL이앤씨(주)와 SK에코플랜트(주)는 유럽과 아시아를 연결하는 터키 유라시아해저터널과 보스포루스 3교에 이어 다시 한 번 세계 최장 현수교 건설로 금자탑을 쌓았다. 차나칼레대교는 다르다넬스 해협을 사이에 두고 차나칼레주의 랍세키(아시아측)와 겔리볼루(유럽측)를 연결한다. 차나칼레대교는 2018년 4월 착공하여 총 48개월 동안 공사가 진행되었다. 총 길이는 3,563m로 주탑과 주탑 사이의 거리인 주경간장이 세계에서 가장 길며, 주탑 높이는 334m로 일본의 아카시해협대교와 프랑스 에펠탑보다 높다. 특히, 주경간장의 길이는 터키 공화국 건국 100주년인 2023년을 기념하기 위해 2,023m로 설계했다. 참고로 현수교의 기술력은 주경간장의 길이로 결정된다. 이전까지 세계 1위 현수교는 1998년 준공한 일본 아카시해협 대교의 주경간장 1,991m였는데, K-건설이 완성한 차나칼레 현수교가 24년 만에 세계 1위 자리를 바꿨다.

팀 이순신! 세계 1위 현수교 건설

차나칼레대교 사업은 국내 최장, 세계 8위 현수교인 이순신대교를 함께 건설했던 DL이앤씨와 SK에코플랜트가 '팀 이순신'을 구성해 입찰에 참여하여 2017년 일본을 제치고 수주에 성공했다. 이순신대교를 완공하면서 세계에서 6번째로 현수교 기술 자립화에 성공한 DL이앤씨의 기술력과

터키와 영국 등 유럽 사업 경험이 풍부한 SK에코플랜트의 시공기술 및 사업관리 역량의 시너지가 수주의 원동력이 되었다.

‘하늘과 바다 사이의 평행선’, ‘철로 만든 하프’라고 불리는 현수교는 현존하는 교량 중 가장 긴 경간장을 확보해야만 하기 때문에 해상 특수교량 분야 가운데 시공 및 설계 기술 난도가 가장 높은 분야이다. DL이앤씨와 SK에코플랜트는 국내 자립기술로 차나칼레대교를 완성하며 해상 특수교량 시장에서 기술적 한계라고 여겨졌던 주경간장 2km를 뛰어넘은 최초의 현수교로 세계 최고 수준의 기술력을 인정받게 되었다.

K-건설, 글로벌 디벨로퍼로 진화

DL이앤씨와 SK에코플랜트는 이번 사업을 통해 디벨로퍼로서의 역량을 세계 시장에 입증했다. 차나칼레대교 프로젝트는 3.6km의 현수교와 85km의 연결도로를 건설하고 약 12년간 운영한 후 터키정부에 이관하는 BOT(건설·운영·양도)방식의 민관협력사업이다. 두 회사는 단순 시공에서 벗어나 사업 발굴 및 기획부터 금융조달, 시공, 운영까지 담당하며 고부가가치 수익을 창출할 수 있는 디벨로퍼로서 가치를 증명했다. DL이앤씨와 SK에코플랜트는 글로벌 No.1 기술력과 고부가가치 글로벌 디벨로퍼 역량을 바탕으로 글로벌 시장을 집중 공략해 나갈 예정이다.

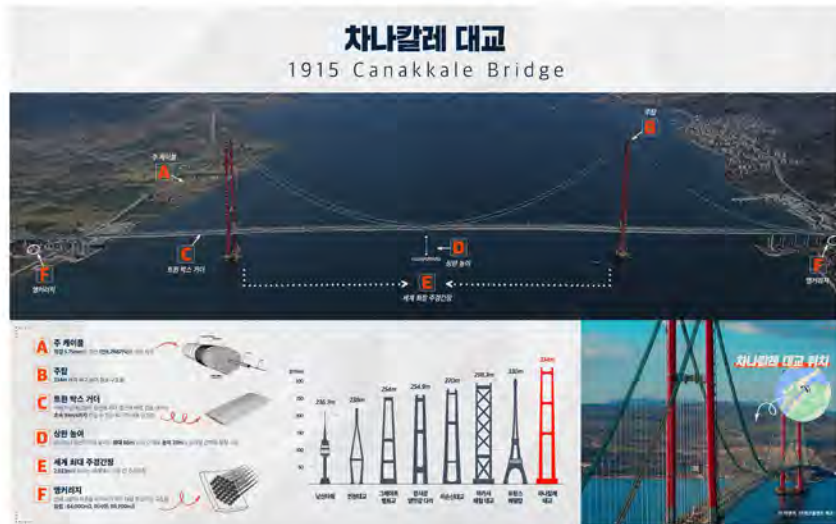
K-건설 상생협력의 힘으로 글로벌 시장 도약

DL이앤씨와 SK에코플랜트가 주도한 ‘팀 이순신’에는 상생협력을 바탕으로 다양한 국내 기업이 참여했다. 이를 통해서 약 2,400억 원 규모의 협력회사 매출 창출과 세계시장 진출 기회를 마련했다. 특히, 포스코는 주탑과 상판 제작에 사용되는 약 8만 6천 톤의 강판을 공급했으며, 고려제강은 포스코에서 생산한 원재료로 케이블 제작을 담당했다. 삼영엠텍은 주 케이블 부속자재와 앵커리지 정착구를 공급하고, 관수 E&C와 엔비코는 케이블 가설공사를 맡았다. 티이솔루션은 현수교 주탑의 진동 제어장치를 포함한 제진장치를 공급했다.

차나칼레대교, 현수교 세계 기록을 새롭게 쓰다

차나칼레대교는 건설 과정에서도 첨단 공법들을 선보이며 K-건설의 뛰어난 기술력을 세계에 선보였다. 2021년 10월에는 미국의 대표적인 건설잡지 ENR의 표지를 장식하였고, 입찰 경쟁국이었던 일본의 경제신문 니케이에서도 취재를 할 만큼 세계의 관심이 뜨거웠다. 국내 기술진의 기술력과 발상의 전환으로 현수교 관련 각종 기록을 모두 갈아 치우며 해상 특수교량 기술을 한 단계 끌어올렸다는 평가를 받았다.

차나칼레대교는 크기와 규모만큼 투입한 자재의 양도 블록버스터 급이다. 약 1만 7천명의



인력이 동원되어 2,630,430일의 시간을 들여 완공했고, 일반 아파트 2,247세대를 지을 수 있는 213,448m³의 콘크리트가 사용되었다. 1톤 트럭으로 35,000대가 넘는 철근과 A380 기종 항공기 154대를 제작할 수 있는 강판이 투입되었다. 케이블을 구성하는 강선의 길이는 162,000km로 지구 둘(약 4만km) 약 4바퀴 도는 거리에 해당한다.

차나칼레대교 이모저모

① 에펠탑보다 높은 세계 최고 높이의 철골 주탑

철골 구조물로 구성된 주탑의 높이는 334m이다. 아카시 해협 대교의 주탑(298.3m), 프랑스의 에펠탑(320m), 일본의 도쿄타워(333m) 보다 높다. 주탑은 속이 빈 사각형 상자 모양의 블록을 마치 레고블록을 쌓아 올리듯이 설치되었다. 블록은 국내에서 생산된 강철판으로 현장에서 제작했다.

② 세계 최고의 초고강도 케이블

차나칼레대교의 케이블은 1,960MPa급의 현존하는 최고의 인장강도(케이블이 끊어지기 직전까지 무게를 감당할 수 있는 능력)를 가진 직경 5.75mm의 초고강도 강선이 사용되었다. 참고로 강선 1가닥이 5.1톤의 하중을 지지할 수 있으며, 국내에서는 단층교와 새천년대교에 사용되었다. 케이블은 강선 18,288가닥을 촘촘하게 엮어 만들어졌다. 두 개의 케이블에 들어간 강선의

총 길이는 162,000km이며 총 중량은 33,000톤에 이른다. 케이블 하나의 직경은 881mm로, 일반 승용차 6만여 대의 무게에 해당하는 10만 톤의 하중을 지지할 수 있다.

③ 비행기 날개 모양의 상판 제작해 내풍 안정성 높여

차나칼레대교가 위치한 다르다넬스 해협은 강풍이 잦은 지역이다. DL이앤씨와 SK에코플랜트는 내풍 안정성에 최적화된 비행기 날개 모양의 유선형 트윈 박스 거더(TWIN BOX GIRDER)를 상판으로 적용했다. 더불어, 190분의 1로 축소된 모형으로 풍동실험을 진행하여 세계 최고 수준인 초속 91m/s까지 견딜 수 있는 내풍 안정성을 확인했다. 순간 최대 풍속이 초속 35m/s일 땐 기차가 옆어지며 초속 50m/s면 콘크리트로 만든 집도 붕괴시킬 정도다. 차나칼레대교는 2003년 한반도를 강타한 최악의 태풍 매미(순간 최대풍속 60m/s)가 직접 강타해도 교량이 안전하게 지지할 수 있을 정도의 내풍 안정성을 자랑하고 있는 셈이다.

④ 초대형 앵커리지

앵커리지는 케이블의 힘을 다리 양 끝에서 지지해주는 구조물이다. 차나칼레대교는 길이 92m, 폭 80m 및 높이 50m의 콘크리트 구조체가 약 40,000톤에 달하는 케이블의 장력을 지지하고 있다. 유럽과 아시아 지역 양쪽에 설치된 앵커리지를 만들기 위해서 부피 152,700m³, 약 38만톤 무게의 콘크리트가 투입되었다.

⑤ 해저에 거치한 6만톤 규모의 초대형 케이슨

주탑을 지지하는 기초인 케이슨(Caisson)은 속이 빈 사각형 격자 모양의 콘크리트 구조물 위에 두 개의 원통형 철강재가 올라간 형태다. 현장 인근에 있는 육상에서 총 2개가 제작되었다. 하루 최대 1,300여명의 인력과 레미콘 트럭 9,000대 이상 분량의 콘크리트가 투입되었다. 개당 무게가 6만 여 톤에 이른다. 높이가 47m로 콘크리트 구조물만 세종문화회관 대극장에 맞먹는 크기다. SK에코플랜트와 DL이앤씨는 설계상 정확한 위치의 해저면에 케이슨을 안착시키기 위해서 4개의 예인선이 케이슨을 끌고 해상으로 이동 후 GPS 및 경사계를 이용하여 ±20mm 범위내의 획기적인 정밀도로 성공적으로 시공했다.

자료를 제공해준 DL이앤씨(주)와 SK에코플랜트(주)에 깊이 감사드립니다.

NEW BOOKS & TECH

도로정책 및 기술과 관련된 새로운 책, 보고서, 제품 등을 소개하는 콘텐츠입니다.



제2차 고속도로 건설계획(2021~2025)

국토교통부가 제2차 고속도로 건설계획을 발표했다. 고속도로 건설계획은 도로법 제6조에 따라 고속도로의 원활한 건설을 위하여 수립되는 5개년 계획으로 고속도로 건설 정책방향, 사업계획 및 예산투자계획 등이 담겨 있다. 제2차 고속도로 건설계획은 국토교통부와 한국도로협회 홈페이지에 PDF 파일 형태로 게시돼 있으며, 열람 및 다운로드가 가능하다.

(출처 : 국토교통부)



중대재해처벌법 해설서

국토교통부가 올해 1월 27일부터 시행 중인 중대재해처벌법 해설서를 발간했다. 해설서는 국토교통분야의 공중이용시설 및 공중교통수단을 운영하는 기업 또는 기관이 중대재해처벌법 및 같은 법 시행령에 따른 의무를 이행하는 데 참고할 사항과 적용 예시 등을 정리하였다. 중대재해처벌법 해설서는 국토교통부와 한국도로협회 홈페이지에 PDF 파일 형태로 게시돼 있으며, 열람 및 다운로드가 가능하다.

(출처 : 국토교통부)



2021 도로주요통계

국토교통부가 2021 도로주요통계를 발간했다. 도로주요통계에는 도로현황, 도로교통현황, 도로시설현황, 도로망계획, 도로사업 및 예산, 민자도로, 고속도로 통행료, 도로운영 등이 담겨있다. 본 자료는 국토교통부와 한국도로협회 홈페이지에 PDF 파일 형태로 게시돼 있으며, 열람 및 다운로드가 가능하다.

(출처 : 국토교통부)

도로안전시설 설치 및 관리 지침 일부 개정

국토교통부가 도로안전시설 설치 및 관리 지침을 일부 개정했다. 본 지침은 도로 이용자의 편리한 이용과 안전 확보를 위해 설치하는 도로안전시설이 효율적으로 설치·관리될 수 있도록 시선유도봉·표지병·무단횡단 금지시설 고정 방식 다양화, 횡단보도 표지병 설치 허용, KS기준 통일 어린이 보호구역 과속방지턱 표준모델 마련, 장애인 안전시설 규정 삭제 등을 반영하는 것이다. 지침은 국토교통부와 한국도로협회 홈페이지에 PDF 파일 형태로 게시돼 있으며, 열람 및 다운로드가 가능하다.

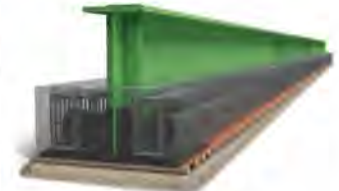
(출처 : 국토교통부)

건설신기술-926호 (2022. 2. 16 지정)

T형 강재거더를 이용하여 강재 및 용접량을 최소화한 강합성거더 공법

이 신기술은 T형 강재거더를 이용한 지면제작방식으로, 강재거더와 콘크리트 케이싱을 합성한 후 프리스트레스를 도입하여 I형 강재거더의 하부플랜지를 최소화함으로써 용접량 및 강재량을 감소시키고, 지점부 단부저판플레이트로 강재거더의 단순자립이 가능하여 전공정 지상작업으로 콘크리트 타설작업의 효율성을 증진시킨 강합성거더의 제작 및 시공방법이다.

(개발자 : ㈜더빔에스아이 등)



건설신기술-927호 (2022. 3. 4 지정)

콘크리트 충전부 및 루프철근 이음연결 구조를 갖는 2분절 아치부재와 가설 임시고정장치를 활용한 프리캐스트 개착식 터널 공법(SegArch 공법)

이 신기술은 기존 개착식 터널을 형성하는 아치구조물을 2분절한 형태로 제작하여 부재 간 연결부의 구조를 개선한 공법으로 가설 보조장비(가설리프트카, 임시고정장치)를 개발 및 활용하여 부재 가설조립이 용이하도록 하였으며, 부재의 천단부 연결 시 종철근 작업을 단순화하고, 황철근체결 작업 및 거푸집 작업이 필요치 않게 함으로써 시공성과 안전성을 향상시켰으며, 천단부에 종철근 무배근부가 없고 접합 단면을 확대함으로써 구조적 안정성을 향상시킨 공법이다.

(개발자 : ㈜인터콘스텍)

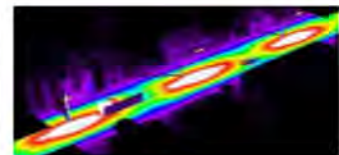


교통신기술-54호 (2021. 12. 7 지정)

2중 배광구조를 갖는 모듈화된 에너지절감형 LED도로조명 등기구 기술

이 신기술은 반사판에 의한 2중 배광구조를 갖는 LED도로조명 모듈장치를 이용한 등기구로 LED광원에서 발생하는 열을 분산시키고 빛 손실을 최소화하면서 2중 배광분포를 가지도록 하여 휘도 향상 및 도로길이 방향으로 빛의 조사가 가능한 에너지절감형 등기구 시스템이다.

(개발자 : ㈜엑스루미)



교통신기술-55호 (2022. 2. 23 지정)

시정확보를 위한 도로용 안개 저감 시스템

이 신기술은 안개 발생이 빈번한 도로나 교량구간에 가시거리 측정 장치를 활용하여 실시간으로 안개의 농도를 감지·측정하고, 안개 발생 시 자동 또는 원격으로 송풍장치를 가동시켜 건조공기 및 응결핵을 분사하여 안개를 저감하는 시스템이다.

(개발자 : ㈜누리플랜 등)



도로 미디어는 SNS, 포털사이트, 유튜브 등 온라인 매체에 있는 흥미 있는 도로소식이나 영상 등을 소개하는 콘텐츠입니다. 자세한 사항은 QR코드를 검색하여 확인해주세요.

세계에서 가장 놀라운 도로건설기계 10대!

도로 건설, 공항 건설에 사용되는 건설 기계!
압축기, 모터 그레이더, 도장기계, 아스팔트 포장 기계!
대규모 콘크리트와 아스팔트 건설을 위한
프로젝트 필수품!
유튜브를 통해 확인해보세요!

출처 : Top10 Files 공식 유튜브
주소 : <https://youtu.be/ATAC5CFL07g>



전국 어디든 고속도로까지 30분 컷 제2차 고속도로 건설계획!

기본 소식 하나!
제2차 고속도로 건설계획! 도로정책심의위 의결!
전국을 촘촘한 그물망처럼 연결!
이동 거리와 시간 단축뿐만 아니라 지역 균형발전까지!
2025년까지 전국에 총 37건, 55조 원 규모!
고속도로 신설 및 확장사업 추진!
유튜브를 통해 확인해보세요!

출처 : 국토교통부 공식 유튜브
주소 : https://youtu.be/LHyoUrBm_8



휴대폰 QR코드 인식 후 영상이
보이지 않는다면?

유튜브에서 제목을 검색하거나
URL 주소를 통해 확인

「도로교통」 저널 지면광고 안내

우리 협회 도로교통 저널 지면광고 참가사를 모집합니다. 광고 참가사에게는 협회지 홍보기사, CEO인터뷰, 저널 무료제공, 온라인 뉴스레터 등의 서비스를 제공해 드립니다. 귀사의 권익증진을 위해 최선을 다하겠습니다.



성격

• 한국도로협회 전문 · 교양 · 정보지 「도로교통」 지면광고 및 서비스

지면 사양

- 100면 내외의 변형 B5 크기(190×260mm), 전면컬러
- 연 4회 발간(계간 3 · 6 · 9 · 12월)
- (인쇄 발행) 4,000부 발간 · 배포
- (온라인 뉴스레터) 약 12,000명 이메일 배포

매체 특징

- 도로를 대표하는 유일한 정기 간행물 : 온 · 오프라인 지속 노출
- 특별광역시 · 도 · 군 · 구 전국 도로분야 공무원 등 독자층 확보
- 중앙정부 부처, 유관기관, 회사, 전문기업 등 도로산업 전 분야 배포
- 주요 발주처 관계자, 정책 결정자 다수 독자층 확보
- 온라인 뉴스레터 발간 및 홈페이지 업로드로 광고효과 추가 노출

배포처

단체 및 개인회원	도로교통협회	한국도로공사 등 공공기관
PIARC, REAAA 국내 회원	국토관리청 및 사무소	도로교통박물관 참가기업
협회 각종위원	지자체 도로관련 부서	유관 학 · 협회
도로관련 교수	국토교통위원회/도로정책심의위원회	도로산업 종사자 전반

광고 종류

광고 위치	참가업체 서비스	
	협회지 홍보(오프라인)	온라인 홍보
뒷표지	회사/제품/기술 홍보기사 CEO/중역 인터뷰	뉴스레터 발행 시 홍보* 신기술 홍보관 이용**
앞/뒷표지 안쪽면	회사/제품/기술 홍보기사 CEO/중역 인터뷰	뉴스레터 발행 시 홍보* 신기술 홍보관 이용**
내지	회사/제품/기술 홍보기사	뉴스레터 홍보* KROAD 뉴스레터 발행 시 홍보*

공통 : 광고비 및 참가업체 서비스는 협회지 담당자와 협의 가능 / 평생 협회지 발송

* (분기)협회지 뉴스레터 발행, (매월)KROAD 뉴스레터 발행(관공서, 언론 등 도로동향 정보 제공)

** 도로교통 분야 산업체의 신기술 이용 정착 및 활성화를 위하여 협회 홈페이지에 회원사 홍보관 구축
(회사 상세정보 및 보유기술, 사진/동영상, 홍보자료 등 업로드 이용 가능, www.kroad.or.kr)

지면제작

- 광고 지면은 광고주가 직접 제작(ai 파일, psd 파일, jpg 파일 중)
- 광고 지면은 A4(210×297mm) 사이즈로 제작 후 협회 담당자 이메일로 회신(pjw@kroad.or.kr)

담당자 : 한국도로협회 경영지원실 박진우 차장 | 문의 및 회신 : E. pjw@kroad.or.kr F. 02-3490-1019 T. 02-3490-1022



일상속 아이디어를 현실속으로

속속 S.O.C 아이디어 공모전

공모주제

▶ 일상속 아이디어를 현실속으로 SOC 아이디어 공모전

응모자격

▶ 대한민국 국민 누구나 (개인)

공모기간

▶ 2022. 2. 21.(월) ~ 2022. 4. 20.(수)

접수방법

▶ 공모전 홈페이지 : www.socidea.co.kr
▶ 분야, 제목, 배경, 개선판 등 (1,000자 내외)

공모분야

▶ 국민 일상생활과 밀접한 SOC 기술마켓 관련분야
* (교통) 도로, 철도, 공항, 항만 등 4개
* (주거·환경) 주택, 수자원, 환경, 농어촌 등 4개

시상규모

총시상금: 800만원

▶ 완성 부문(10건): 각 50만원(총 500만원)
▶ 미완성 부문(10건): 각 30만원(총 300만원)
* 단 심사결과에 따라 선정 기준에 미달할 경우 상금 미지급

문의처

▶ 운영사무국: 02-6953-1996
▶ 실시간문의: pf.kakao.com/_UtGlb/friend

시행기관

▶ 기재부 및 SOC 기술마켓 협의체* 공동 시행
* 기획재정부 및 도공, LH, 코레일, 수자원, 인천국제공항 등 17개 공공기관



안전한 보행환경 조성을 위한

제3회 안심도로 공모전

부제: 교통정온화 공모전

공모주제

· 안심도로 (교통정온화 시설) 아이디어 및 설계 계획 · 운영 우수사례 공모
· 일반인 부문: 교통정온화 시설 도입 아이디어
· 지자체 · 공공기관 부문: 교통정온화 시설 설계가 포함된 모든 사업
※ 세부적으로 설계 계획 부문과 운영 우수사례 부문으로 나뉨

공모대상

· 일반인 부문: 일반인, 관련 전공 대학(원)생, 업무종사자 등 전국민 대상
· 지자체 · 공공기관 부문: 지자체(광역 · 기초), 공공기관

공모일정

· 작품접수: 2022. 03. 17.(목) ~ 2022. 05. 15.(일)
· 서류보완: 2022. 05. 16.(월) ~ 2022. 05. 20.(금)
· 심사: 2022. 05. 23.(월) ~ 2022. 05. 27.(금)
· 결과발표: 2022. 06. 03.(금) 예정
· 시상식: 도로의날 2022. 07. 07.(목)
※ 코로나19 등에 따라 일정이 변경 될 수 있음

시상 내역

일반인 부문			지자체 · 공공기관 부문					
아이디어			설계 계획			운영 우수사례		
구분	상금	상장	구분	상금	상장	구분	상금	상장
대상(1)	200만원	경찰청장상	대상(1)	300만원	행정안전부 장관상	대상(1)	300만원	국토교통부 장관상
최우수(2)	각 150만원	한국도로협회장상	최우수(1)	200만원	한국도로협회장상	최우수(1)	200만원	한국도로협회장상
우수(3)	각 100만원		우수(1)	100만원		우수(1)	100만원	

안심도로 공모전 접수처: anshim@kroad.or.kr

· 모든 공모는 개인 또는 팀 단위 상관없이 접수 가능하며, 안심도로 공모전 관련 질의사항은 안심도로 접수처 이메일을 통하여 접수
· 자세한 사항은 한국도로협회(<http://www.kroad.or.kr>) 사이트의 공모전 페이지 참조