

Journal of
The Korea Road Association

도로교통

173

www.kroad.or.kr

- 인 터 뷰** 국토안전관리원 김동주 기술개발실장
(주)비에스 구본삼 대표이사
- 기획특집** 노후 시설물 유지관리 시대_안전확보를 위한 재원조달 정책
기반시설 첨단관리 기술개발 추진현황
- 정책과 기술** 스마트 포장 관리 통합 플랫폼
외부텐던 손상탐지를 위한 전자기 기반 비파괴검사 센서
- 도로지식** 숫자와 그림으로 보는 터널 이야기(도심지 터널 붕괴사고)
- 도로에세이** 우리 비겁을 묵묵히 지켜본, 학(鶴)처럼 고고한 목포대교
- 도로와인문학** 문화예술 속 교량의 미학_무지개다리
- 랜선도로여행** 대청호반을 따라 달리는 청주 역사 여행길
- 도로인사이드** 365일 24시간 잠들지 않는 한국도로공사서비스(주)
- 트렌드 포커스** 탄소중립으로 가는 길_RE100과 CF100
- 법률인사이드** 안희중 변리사의 직장인 특허상식_기술로 변화되는 삶



국토안전관리원
김동주 기술개발실장



(주)비에스
구본삼 대표이사

이 책은 한국도로협회
홈페이지에서 PDF로
보실 수 있습니다.



사람을 위한 기술, 미래를 위한 창조

국내 최고의 토목엔지니어링 '삼보기술단'이
세계를 향해 힘차게 나아가고 있습니다.

탁월한 기술력과 끊임없는 혁신을 통해 다양한 서비스를 제공하는
삼보기술단이 대한민국 토목역사의 발전을 선도합니다.



서울사무소 서울특별시 송파구 위례성대로16길 30(방이1동) 삼보빌딩 TEL : 02-3433-3000 FAX : 02-3433-3200
경산사무소 경상북도 경산시 대학로 63(경평동, 김스메디빌딩 7층) TEL : 053-811-7200 FAX : 053-811-7337

Smart TransLogistiX

2024 스마트모빌리티 물류산업전

2024.

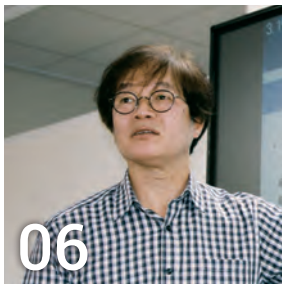
7. 17(Wed)

- 7. 19(Fri)

Coex Hall D,
Seoul, Korea

“
미래를 위한 혁신:
스마트한 도로, 효율적인 물류
Innovating the Future:
Smart Roads, Efficient Logistics

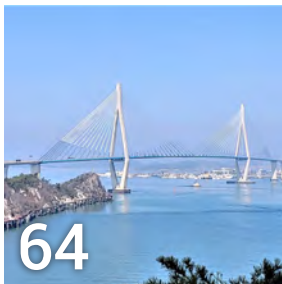




06



14



64



72

인터뷰

1. 국토안전관리원 김동주 기술개발실장을 만나다 06
2. ㈜비에스 구본삼 대표이사를 만나다 14

특집

1. 노후시설물 유지관리 시대, 안전확보를 위한 재원조달 정책 20
2. 안전하고 지속가능한 관리체계 정착을 위한 기반시설 첨단관리 기술개발 추진현황 28

정책과 기술

1. 스마트 포장 관리 통합 플랫폼 36
2. 기반시설 첨단관리 기술개발 : 외부텐던 손상탐지를 위한 전자기 기반 비파괴검사 센서 44

업무 속 도로지식

- 숫자와 그림으로 보는 터널 이야기_제5강 도심지 터널 붕괴사고 48

그날의 도로

- 그날, 구마고속도로가 개통되었다 62

도로에세이

1. 우리 비겁을 묵묵히 지켜본, 학(鶴)처럼 고고한 목포대교 64
2. 근대의 도로(1) - 길의 역사 2편 70

도로와 인문학

- 문화예술 속 교량의 미학 제4편_무지개다리 72

랜선 도로여행

- 대청호반을 따라 달리는 청주 역사 여행길 84

도로 인사이트

1. 365일 24시간 잠들지 않는 고속도로 교통서비스 제공 기업_ 한국도로공사서비스 90
2. 자전거 도로 정보 제8편_제주환상자전거길 94

트렌드 포커스

- 탄소중립으로 가는 길, RE100과 CF100 96

알뜰정보

1. 동물 찾길사고는 줄이고 이동은 쉽게! 102
2. 겨울철 도로 위 암살자, 블랙아이스 104

법률 인사이드

- 안희중 변리사의 직장인 특허상식_기술로 변화되는 삶 106

New Books & Tech

- 도로미디어 114



표지사진_설국여행
(제공_©한국관광공사 / 사진갤러리_작 박흥순(2023))

| 통권 제173호 |

계 간 도로교통

발행일 2023년 12월 29일

발행인 함진규

발행처 한국도로협회

주 소 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26, 8층

편 집 최희철, 노한성, 이병춘

위 원 노성규, 황훈희, 이정윤, 유동민, 여인수, 최지선, 윤재용, 박진우, 한계령, 배재현, 김보성, 홍보나, 이호정, 이재욱, 류수지, 신지호, 이종민, 곽민주, 이겨레, 윤유정, 최승원

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.

기반시설 첨단관리 기술개발사업 연구단장 국토안전관리원 김동주 기술개발실장을 만나다

기반시설 유지관리 체계의 전환점이 될 수 있도록 역할을 충실히 수행할 것

이번 173호 인터뷰에서는 기반시설 첨단 관리 기술개발사업을 총괄하는 김동주 기술개발실장을 만났다. 김동주 실장은 Jacobs Eng.(뉴욕) 프로젝트 매니저, 삼성물산 Civil Eng. 부서장으로 근무하고 2017년 국토안전관리원으로 자리를 옮겨 국내 시설물의 유지관리 관련 연구개발 및 사업을 선도하고 있다. 다음은 연구 성과와 목표, 시설물 유지관리 관련 정책에 대한 인터뷰 전문이다.



국토안전관리원은 국토안전관리원법에 따라 2020년 12월 새롭게 출범한 국토교통부 산하 안전전문기관이다. 준정부기관으로서 국토안전관리원은 노후 기반시설의 안전 및 지속가능성을 극대화하기 위해 시설물 안전 확보를 위한 연구를 추진하고 있다. 특히, 국토안전관리원이 총괄 주관기관으로 '기반시설 첨단관리 기술개발 연구'가 국가 연구개발 사업으로 2022년 4월부터 진행되고 있으며, 자동·무인화 점검 및 진단, 신속·정밀 보수 및 보강, 성능중심의 선제적 유지관리 기술 등을 개발하는 것을 목표로 하고 있다. 최근에는 토론회, 설명회를 개최하고 유관학회 학술대회에 참가하여 연구단 목표와 성과를 적극 홍보하고 있으며, 시설물 관리주체 실증협약 2건과 지자체 시범사업 실증 공모를 진행한 바 있다.

❏ 김동주 실장님, 안녕하세요. 한국도로협회 회원사와 도로교통 독자들에게 인사 부탁드립니다.

안녕하세요. 한국도로협회 기술연구센터와는 인연을 이어왔는데, 이렇게 도로교통 저널을 통해 인사드리게 되어 무척 반갑습니다.

❏ 실장님께서 국토안전관리원에서 오랜 시간 시설물 유지관리분야의 문제와 안건을 함께 해오셨습니다. 이와 관련하여 최근 노후 시설물 유지관리 현안 사항이 궁금합니다.

네, 1990년대까지 고도성장 기간에 건설된 시설물들이 동시에 노후화되고 있다는 점을 꼽고 싶습니다. 앞으로 10년간 기반시설 노후화 비율 상승으로 유지관리 예산 증액과 점검체계 개선, 첨단기술 도입 등 적극적인 준비가 필요합니다. 기술적 대비 없이 기반시설의 노후를 대비한다면 유지보수 비용 또한 크게 증가하여 사회적인 부담이 발생할 것입니다. 최근 정자교 사고로 인한 사회적 관심으로 인해 정부와 국민은 노후 시설물 관리에 대한 중요성을 인식하고 있고, 안전진단과 유지보수 저가 발주 문제와 대가 기준을 개선하기 위해 관련 부처가 노력하고 있다는 것을 알고 있습니다. 우리 국토안전관리원은 그동안의 유지관리 기술들을 활용하여 지자체, 공공기관과 함께 노후 시설물의 유지관리와 성능 개선을 위한 사업을 추진 중입니다.

❑ 최근 들어 노후시설물 유지관리와 관련해 이슈가 되어 왔던 문제는 어떤 것이 있었나요?

기반시설 노후화 가속과 더불어 시설물 도시화 확산 및 과밀화 등으로 노후 시설물 유지관리 비용이 급증하고 있다는 것이죠. 예컨대 2020년 이후 적정 예산과 실제 투자 간의 차이로, 유지보수 격차가 계속 커지고 있습니다. 기반 시설물 증가 대비 한정된 예산으로 관리 사각지대도 확산되고 있습니다. 또한 중앙부처 소관 1, 2종 시설물은 잘 관리되지만, 지자체의 관리 비용이 높은 3종 시설물은 체계적인 관리가 어렵습니다. 이로 인해 안전사고 위험이 높아지고 있어, 개별 지자체에 맞는 관리체계와 기술 개발이 필수적입니다. 이 밖에 시설물 열화에 대한 근본적 원인 분석 없이 보수보강을 추진 중인데, 효과가 불확실하고 불필요한 보수보강을 실시하여 예산을 낭비하고 있는 실정입니다. 최근에는 도심지역 시설물 사고라도 발생하면 직접 피해는 물론, 통신망 마비, 단수, 정전 등 시설 기능 정지로 인한 시민 불편, 교통 통제, 물류 마비 등 간접피해가 장기적으로 발생하고 있습니다.

❑ 여전히 시설물 유지관리 기법을 인력 위주의 경험으로 사후적으로 대응하는 것이 문제로 지적되고 있습니다. 시설별 관리주체와 관리수준도 상이해 관리기관 간의 연계와 협력 체계가 부족한 점도 이슈인데요.

그렇습니다. 선제적 유지관리 기술이 부족한 상황에서는 성능평가 기준, 목표 수준, 투자 결정 방법 등이 일관되지 않아 최적 유지관리 수준을 파악하기 어렵고 예산 편성도 과거 경험에 의존합니다. 인력 위주의 유지관리 체계는 신뢰성과 일관성이 부족하며, 업무 생산성이 낮은 문제가 발생합니다. 또한 기존 유지관리 정보의 품질도 미흡하며, 폐쇄적인 시스템으로 인해 정보 연계가 한계에 부딪힙니다.

특히, 지자체는 예산 한계와 관리 수준의 차이로 효율적인 유지관리가 어렵습니다. 이에 지자체 맞춤형 통합 유지관리 모델이 필요하며, 서로 다른 시스템을 통합하고 효율적인 관리를 위한 연계 모델을 마련해야 합니다.

❑ 이를 해결할 수 있는 방안으로 국토안전관리원이 총괄 주관으로 '기반시설 첨단관리 기술개발 연구'가 진행되고 있지 않습니까? 연구의 주요 핵심 키워드가 무엇인가요?

연구 주요 핵심은 노후시설물 관리정책을 개선하고, 지방자치단체에 맞춤형 기반시설 첨단관리 시스템을 보급한다는 것입니다. ① 특히 자동화/무인화 첨단 점검 기술 개발과 적용으로 기존 인력 기반의 점검 비용을 절감하고, ② 시설물 열화 요인을 근본적으로 차단할 수 있는 정밀 보수보강 재료를 개발하여 불필요한 작업을 지양하는 것입니다. ③ 또한, 일관되고 표준화된 성능평가 기준과 적정 유지관리 수준을 산정하여 데이터 기반의 선제적 유지관리 체계로 전환하고, 최적 의사결정을 지원하여 시설물 관리비용의 효율적 집행을 유도한다는 것입니다. 궁극적으로 정보 연계 및 활용기술 고도화도 추진하여 개별 관리 시스템 간 정보공유 서비스를 제공하고, 지자체 맞춤형 첨단관리 시스템을 개발하여 보급하는 것입니다. 기술적으로는 점검비용 30% 절감, 보수보강 시 도로점유 시간 단축 30%, 성능중심 첨단관리 시스템 2건 등을 목표로 삼고 있습니다. 참고로 기술개발사업은 2022년 4월부터 5년간으로 계획돼 있습니다.

❑ 기반시설 첨단관리 기술개발사업은 시설물 유지관리 기술 실현과 현장 적용이 가장 중요한 포인트 같네요. 연구단 규모로 진행되는 것으로 알고 있는데, 구성원은 어떻게 되나요?

우리 국토안전관리원이 총괄 주관기관을 맡고 한국건설기술연구원, 한국도로공사 등 시설물 유지관리 분야의 대표 공공기관들이 참여하고 있습니다. 대학은 군산대, 인하대, 세종대, 충남대, 명지대, 한양대, 고려대 등 6개 대학과 민간에서는 관련 기술을 보유한 이노팜, 쓰리디준, 케미콘시스템, 화산엔지니어링, 토탈페이브시스템, 유니콘스 등 9개 업체가 참여하고 있습니다. 우리 연구단은 분야별 기술 연계를 위해 점검·진단, 성능평가, 유지관리 전략 수립, 조치 등으로 나뉘 3개의 세부과제로 연구가 진행되고 있는데, 참고로 1세부에서는 도로시설 자동 점검·진단, BIM 활용 도로시설 디지털 정보 구축 자동화, 2세부에서는 스마트 보수재료 개발, 일체형 급속 보수보강 장비 개발, 3세부에서는 환경특성 활용 성능평가 및 성능 예측, 자산가치 평가 및 투자우선순위 의사결정, 첨단관리 모델 시스템 및 정보 연계기술, 첨단관리 테스트베드 실증 및 기술보급 확산 전략 등의 연구로 구성되어 있습니다.





한국도로협회 유동민 실장이
국토안전관리원 김동주 실장과 인터뷰하고 있다.

기반시설 첨단관리 기술개발사업의 주요 연구 추진 사항에 대해 간략히 설명해주세요.

연구를 통해 기반시설의 성능평가와 미래성능 예측, 자산가치 평가 및 투자 우선순위 결정, 지자체가 활용할 첨단관리 시스템 등 기반시설의 선제적 유지관리 체계 도입 및 정착을 위한 기술개발에 주력하고 있습니다. 세부 기술적인 요소 중 점검 및 진단분야는 무정차 차량을 이용한 터널 균열 영상 자동 취득, 로봇팔을 활용한 교량하면 영상 자동 취득, PSC 텐턴의 긴장력과 결합 점검 경량형 휴대장비, 인공지능 학습 영상 내 결합자동 분류 및 물량 분석, 소규모 시설물 관리정보 자동 분석 결합 결과 CAD 자동화 생성, 레이저스캔 활용, 표준형식 교량, 옹벽, 터널 등 3종시설 표준도면 자동 생성 등 테스트베드를 적용합니다. 보수 및 보강분야는 염해·동해 내구성을 갖는 특화 보수재료, 보수 이후 교통개방 가능여부 판단을 위한 휴대용 장비, 대단면 보수에 최적화된 내구성 있는 보수재료, 보수 이후 내부 상태를 확인할 수 있는 특화 보수재료, IoT 센서 활용 보수 현장 품질관리 시행 등 테스트베드를 적용합니다. 기반시설 관리에 필요한 첨단기술 개발을 목표로 하는 이 사업과 관련해서는 개발된 기술의 현장 활용성을 평가하는 '테스트베드 실증'을 우선순위에 두고 연구개발을 진행하고 있습니다.

기반시설 첨단관리 기술개발사업이 외부망 시스템과도 연계된다고 들었습니다.

우리 연구단은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 근거해 운영 중인 시설물통합정보관리시스템(FMS)을 노후 기반시설 관리를 위해 정부가 구축 중인 '기반터' 등과 연계하여 유지관리 체계가 일원화될 수 있도록 지원할 계획입니다. 기반시설 첨단관리 시스템의 보급 확산을 위한 법과 제도 개선도 계획돼 있습니다. 사업 과정에서 개발되는 기술은 지자체 공모를 통해 종합 테스트베드를 통한 검증으로 실용성과 성과확산을 제고할 계획입니다. 기반시설 유지관리 체계의 전환점이 될 수 있도록 주관기관의 역할을 충실히 수행할 것입니다.

지자체를 대상으로 기반시설 첨단관리 시스템을 적용하고 첨단기술 활용 지원 등 사업화를 추진한다고 하셨습니다. 지자체 도로담당자들께서도 많이 궁금해하실 것 같습니다. 사업 내용에 대해 설명 부탁드립니다.

관할 지역 내 도로시설 유지관리 이력 정보를 체계적으로 관리하고 지역 환경 조건과 특성 등 지자체의 기술 니즈를 충실히 반영하여 지자체 주도의 맞춤형 도로시설 관리시스템을 구축하는 사업입니다. 특히, 기초 지자체 대상지 내 도로시설물에 첨단관리 시스템을 구축하고 2년간 운영하여 유지관리 업무 역량을 향상시키는데 초점을 둘 예정입니다. 이를 통해 성능평가, 자산가치 평가 등을 자동으로 연계하는 서비스를 지자체 요구에 맞게 검증할 예정입니다. 또한 무인화된 점검장비와 인공지능 기술을 활용하여 대상지 시설물의 점검과 관리업무를 지원할 계획입니다. 이밖에 스마트 재료 및 특정 보수장비를 활용하여 대상 시설물의 보수보강 작업을 지원하며, 특히 장수명 스마트 보수재료와 일체형 보수장비를 활용하여 보수계획이 있는 시설물에 적용할 예정입니다.

기반시설 첨단관리 기술개발 공모사업을 통해 지자체가 얻을 수 있는 혜택이 있다면요?

공모 대상 지자체는 시설물에 첨단 점검 기술 및 장수명 보수보강 기술을 우선적으로 적용하여 효과를 확인할 수 있으며, 지자체 전용의 첨단관리 시스템을 확보하여 관할 지역 도로시설 관리를 효율적으로 수행할 수 있습니다. 참고로 FMS, 기반터 등 기존 관리시스템 정보 자동 연동으로 반복적 정보 입력 업무는 안할 수 있으며, 성능 변화, 네트워크 성능평가, 자산가치 평가, 투자 우선순위 결정 등 첨단 관리기술을 도입하여 유지관리 예산을 효율적으로 집행할 수 있습니다. 궁극적으로는 시설물 첨단관리를 통한 체계적 유지관리로 민원이 줄어들게 되며, 지자체에 대한 국민 신뢰도가 제고될 수 있습니다.

서울시설공단, 부산시설공단과 '기반시설 첨단관리' 업무협약을 체결한 것이 공모사업과 연계 되나요?

그렇습니다. 우리 연구단은 서울시설공단과 부산시설공단이 관리하는 교량, 보도육교, 터널, 지하차도, 사면·옹벽 등의 시설물을 테스트베드 대상으로 선정하여 자동화 점검/진단, 스마트 재료를 활용한 보수 및 보강기술 개발, 성능 중심의 첨단관리 시스템 개발 등 3개 분야에 대한 현장 활용성을 검증할 계획입니다. 참고로 서울시설공단은 6개 교량, 1개 터널 및 1개 지하차도 등이며, 부산시설공단은 4개 교량 및 2개 지하차도 등에 테스트베드 실증이 적용됩니다.





Q 노후 시설물 관리정책에 대해 여쭙겠습니다. 시설물에 대한 과업범위 외 안전점검을 요구하거나 과도한 자료제출을 요구하는 등 발주기관의 불공정 관행이 여전하다고 합니다. 이에 따라 국토안전관리원에서 노후 시설물 관리정책을 개선하기 위한 방안을 제안하고 있다고 들었습니다.

그렇습니다. 우리 국토안전관리원 차원에서 관리주체의 점검 대행 기관에 대한 지불 기준을 개선하기 위해 몇 가지 개선 방안을 제안하려고 하고 있습니다. 특히, 발주 단계에서는 유지관리업의 대가기준을 개선하고, 관리주체의 대가에 대한 사전검토제를 도입하는데 초점을 맞추고 있습니다. 입찰 과정에서는 최적 업체를 선정하기 위한 최고가치 입찰제도를 도입하고, 수행 단계에서는 관리주체가 적정한 대가 계획을 수립할 수 있도록 시설물 관리계획의 세부 사항을 검토하고 있습니다. 이러한 조치들은 저가발주를 방지하고 효율적인 관리체계를 구축하는데 기여할 것으로 기대됩니다.

Q 최근 건설기술 발전에 따라 시설물의 규모가 커져 기존 인력 위주의 육안 조사방식에 한계가 발생해오고 있습니다. 이와 관련하여 육안조사를 대체하기 위한 법적 근거도 국토안전관리원에서 제안한다고 들었습니다.

유지관리 기술력 증진을 위해서라도 신기술을 적용하는 유연성이 필요합니다. 현재 시설물안전법은 육안조사만을 인정하고 특정전문 기술 17개 항목만을 하도급 할 수 있도록 규정해오고 있습니다. 이에 따라 육안조사로 한정된 외관조사를 첨단기술이 활용 가능하도록 시행규칙을 개정하는 등 제도적 보완을 추진합니다. 또한 시설물 안전 관련 정보를 쉽게 확인할 수 있도록 개선하여 대국민 정보 접근성 향상과 안전관리 역량강화를 유도할 것입니다. 특히, 공공시설물에 정보화시스템(FMS)에 접속가능한 QR코드를 부착하여 시민이 시설물 현안을 쉽게 신고하고 담당자가 신고내용의 심각성 여부를 판단할 수 있도록 지원해주는 기술체계를 개발할 예정입니다.



Q 코로나19의 확산 속에서도 증가세를 이어오던 정부의 R&D 투자가 최근 글로벌 경기침체에 따른 국가재정 축소 등의 상황이 이어져 오고 있습니다. 기반시설 첨단관리 기술개발 연구단에서도 예산 축소가 불가피한데, 이 상황을 어떻게 대비하고 있는지 궁금합니다.

정부 정책 기조에 따라 축소된 R&D 예산으로 연구단을 운용해야 하는 상황이긴 합니다. 연구 총괄기관에 서라도 국가 R&D 예산을 예측할 수 있도록 계획되면 좋겠습니다만, 협약 대비 연구 예산이 대폭 감액되고 있는 상황 속에서 연구단 세부과제 간의 성과 비교를 통해 예산 인센티브를 적용할 것입니다. 현재 연구단은 관계부처와 연구기간 조정, 총액 보전 여부 등 관련하여 협의 중이지만, 확실하게 결정된 사항은 없습니다. 기술혁신을 통해 미래 씨앗을 만들어가야 하는 상황에서 연구를 함께 하고 있는 중소기업의 경영상태가 위축되고 있다는 것을 안타깝게 생각합니다. 우리 연구단에서는 어려운 상황에서도 R&D 투자와 성과를 확대하려는 중소기업에 대해서는 R&D 자금지원 등 인센티브를 강화할 예정입니다. 정부차원에서도 R&D를 참여하고 있는 중소기업에게 만큼은 세계 지원, 인적지원 등을 확대해주셨으면 합니다.

Q 마지막으로 한국도로협회 회원사 관계자분들께 한 말씀 부탁드립니다.

한국도로협회와 인연을 맺고 있는 것을 기쁘게 생각합니다. 앞으로도 협회와 의견과 지식을 교환하고 협

력할 수 있는 기회가 많아졌으면 합니다. 우리 연구단도 협회와 함께 할 일이 있으면 협력하겠습니다. 협회 회원사 중에 국내 우수기업뿐만 아니라 광역시도 지자체도 포함되어 있는 것으로 압니다. 도로는 유지관리도 중요한 분야이기 때문에 도로관리기관 관계자들과 함께 기술, 정책, 행정 노하우 등 레퍼런스를 공유하는 자리가 많아지도록 다양한 행사를 만들어주셨으면 합니다. 우리 연구단뿐만 아니라 국토안전관리원 차원에서도 도로관리 수준이 향상될 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 감사합니다. 🇰🇷

국토안전관리원 김동주 기술개발실장 이력



국토안전관리원 김동주 기술개발실장은 Lehigh Uni.(미국) 구조공학 박사를 졸업하고 Jacobs Eng.(뉴욕) 프로젝트 매니저, 삼성물산 Civil Engineering 부서장을 지냈다. 2017년 국토안전관리원으로 자리를 옮겨 노후시설 관리정책 개선전략, 자동화·무인화 고효율 점검진단 장비 개발, 신속·정밀 보수보강 기술을 활용한 도로시설물 장수명화 방안, 자산가치 기반 선제적 유지관리를 통한 도로시설물 유지관리 전략 등을 연구했다. 2022년부터는 기반시설 첨단관리(Total care) 기술개발사업 연구단을 총괄하며 국내 시설물의 유지관리 관련 연구개발 및 사업을 추진 중이다.

(주)비에스 구본삼 대표이사를 만나다

“볼트를 쓰지 않는 접착식 스마트 공법을 통해
도로 안전시설물에 새로운 지표를 열 것”



(주)비에스는 도로안전시설물을 개발하고 생산하는 전문 기업이다. 2011년 (주)세이션이라는 기업을 설립한 구본삼 대표이사는 13년 이상 도로안전분야 연구개발과 기술 노하우를 축적해오며 20건이 넘는 지식재산권뿐만 아니라 공공기관으로부터 인증을 받아 왔다. 특히 도로 안전시설물 분야 사업이 확장되면서 2022년 12월에는 (주)비에스라는 회사를 별도 설립하여 부착식 도로표지병, 부착식 시선유도봉, 부착식 차선규제블록, 부착식 무단횡단금지웬스, 부착식 카스토퍼 등 도로안전시설 사업에 집중하고 있다.

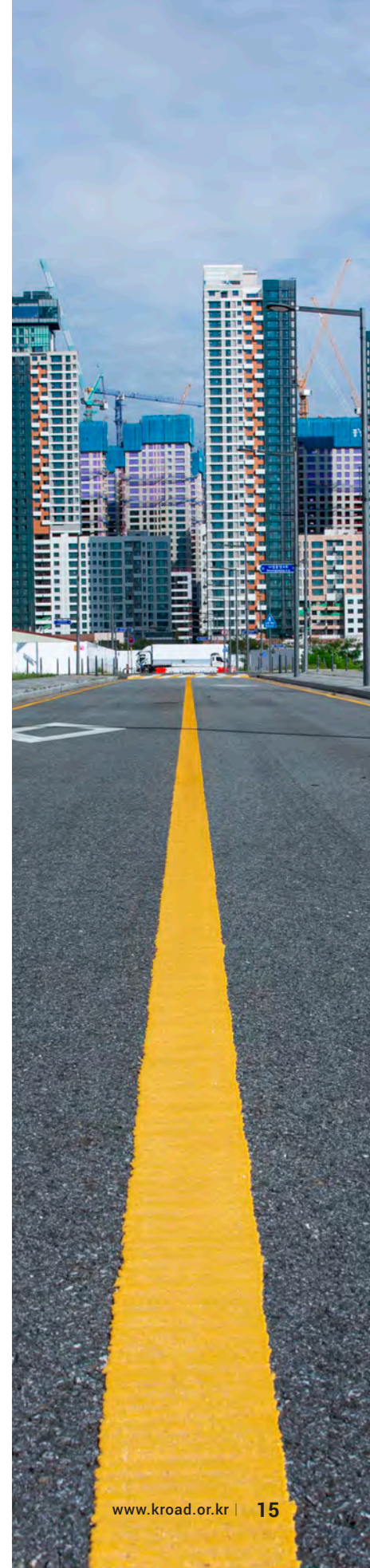


도로 안전시설이 안전을 해친다?

사회적으로 안전의 중요성이 더욱 강조되면서 도로에서도 도로안전시설물이 증가하고 있다. 국민들의 수준도 높아져 도로 이용자들은 더 높은 수준의 도로 서비스를 요구하고 있다. 그동안 도로는 다양한 곳에 도로표지병, 시선유도봉, 차선분리대 등을 앵커볼트로 설치해왔다. 기존 앵커식 도로 안전시설은 천공으로 인한 포장훼손, 교면 방수층 및 구조물 훼손으로 인해 도로포장의 내구수명 저하, 도로안전시설물 파손으로 인한 차량 및 인명피해 등으로 오히려 우리의 안전을 위협해왔다. 또한 기존의 앵커볼트로 고정하는 도로 안전시설물은 앵커볼트가 빠져 주행하는 차량이나 행인에 튀어 생명을 위협하거나 자동차의 타이어 펑크, 앞유리 파손을 유발하는 등 다양한 사고의 요인이 되어왔다. 최근 들어서는 차량 대부분에 탑재된 블랙박스로 충분한 증거자료를 확보할 수 있어 정부나 지자체를 상대로 손해배상을 청구하는 사례도 점차 늘고 있다.

세계 최초 개발한 부착식 도로안전시설물, '노볼트'

(주)비에스는 도로안전시설 설치의 패러다임을 바꾸고 있다. 특수접착제를 이용하여 붙여 고정시키는 것이다. (주)비에스는 앵커볼트로 부착하는 도로안전





시설물이 오히려 안전을 위협한다는 점을 착안하여 2012년 국내 최초로 부착식 도로표지병을 개발하였으며, 이후 한국건설기술연구원과 공동으로 도로 특화 접착제까지 개발했다. 도로 내 안전시설물과 나사못이 훼손되거나 떨어져 나가 안전사고로 이어지는 문제는 40년 이상 발생되어 왔는데, (주)비에스는 10년 이상 연구개발에 매진하여 노볼트라는 상품을 개발했다. 구본삼 대표는 “특히 어린이 보호구역이나 고속도로에서 나사못의 탈착으로 인한 인명피해가 절대 없어야 한다는 심정에서 우리 제품들이 많이 설치되길 바란다”고 말했다.

스마트 도로 유지관리 기준에 적합

국토교통부는 도로 이용자에게 안전한 도로환경을 제공하고자 ‘도로안전시설 설치 및 관리지침’을 운용 중이며, 최근에는 시선유도시설, 무단횡단금지시설 등 도로안전시설의 내구성 강화를 위한 품질기준 마련 연구를 추진했다. 이후 도로안전시설 관련 관계기관 및 전문가 회의를 거쳐 앵커볼트로 인한 차량파손 및 인명피해 등 2차 사고를 예방할 수 있도록 개선안을 마련하였으며, 2022년 2월 ‘도로안전시설 설치 및 관리 지침’을 일부 개정하였다. 특히, 교량 상부, 횡단보도, 고가차도와 같은 아스팔트콘크리트와 시멘트콘크리트의 이중구조로 돼 있는 포장도로 구간에는 부착식 도로안전시설물을 설치해 구조물의 파손을 최소화해야 한다고 명시했다. 또한 경찰청에서도 ‘2022 교통노면표시 설치관리 업무편람’을 통해 교량구간 및 터널, 아스팔트콘크리트와 시멘트콘크리트의 이중구조 포장구간, 차량담도가 높은 편도 1차로 도로의 중앙선, 차로 변경이 잦은 차선 등에서는 부착식 도로표지병 설치를 권장해 교통사고를 예방하고 있다.

편리하고 안전한 ‘노볼트’ 제품

노볼트 제품은 도로안전시설물 공사 기간을 단축할 수 있으며, 앵커볼트 시공이 필요 없기 때문에 도로 구조물 안전성까지 확보할 수 있다. 설치방법이 매우 간단해 전문 시공 인력 없이도 가능하다. 또한 (주)비에스에서 개발한 접착제는 강력한 접착강도를 보유하고 있기 때문에 다양한 곳에 시공 가능하다. 특히, 아스팔트와 콘크리트에 가장 잘 부착될 수 있도록 개발한 접착제이지

세계 최초 개발한
부착식 도로안전시설물

'노볼트'



도로안전시설 설치 및 관리 지침

(시선유도시설편, p.48~49 발췌, 2022년 2월 개정판)

“부착형 표지병은 교량 상부, 고가차도와 같은 아스팔트콘크리트와 시멘트콘크리트의 이중구조로 되어있는 포장도로 구간에 설치하여 구조물의 파손을 최소화 한다. 콘크리트 구조물 위에 아스팔트 포장을 덧씌우는 구조로 되어있는 구간의 경우는 차량이 포장면 위를 지나면서 가요성포장인 아스팔트면을 변형시켜 일정기간 경과 후 표지병의 접지부가 접지면과 공간이 발생하여 차량이 표지병에 충격을 가할 경우 앵커와 표지병 몸체의 연결부분이 부러지는 경우가 발생하기도 한다. 이러한 지점에는 부착형 표지병 설치를 권장한다”

2022 교통노면표시 설치관리 업무편람

(제6절 부착식 표지병 발췌)

“지주 없이 접착제만을 사용하여 노면에 부착하는 표지병을 말하며, 교량구간 및 터널, 편도1차로 도로의 중앙선, 차선 등 차량과의 접촉이 잦은 지역에 설치한다.”
“편도 1차로 도로의 중앙선 및 차선 등의 경우 차량과의 잦은 접촉으로 표지병이 지주까지 뺏혀져 나와 교통사고의 위험이 크며, 콘크리트 구조물 위에 아스팔트 포장을 덧씌우는 구조로 되어있는 구간의 경우는 차량이 포장면 위를 지나면서 가요성포장인 아스팔트면을 변형시켜 일정기간 경과 후 표지병의 접지부가 공간에 뜨게 되어 차량이 표지병에 충격을 가할시 앵커와 표지병 몸체의 연결부분이 부러지는 경우가 발생하기도 한다. 이러한 지점에는 부착식 표지병 설치를 권장한다.”

만 철제에서도 잘 부착되며, 긴급 설치가 필요한 도로나 연삭이 불가능한 건물 내, 복공판 위에도 설치가 매우 용이하다. 이렇듯 시공 시에는 도로 천공으로 인한 포장면과 구조물 훼손 방지로 추후 도로 유지관리 비용을 절감할 수 있고, 시공 후에는 차량과 도로안전시설물 접촉으로 인한 훼손, 앵커볼트 이탈로 인한 2차사고까지 예방할 수 있다. 특히, ‘부착식 카스토퍼’는 주차장 건물 바닥면 청소 후 즉시 설치가 가능하며 지하주차장 및 구조물의 바닥면에 앵커볼트로 인한 에폭시와 방수층의 손상이 전혀 없도록 개발해 기존 시설물을 훼손하지 않는다. ‘부착식 도로표지병’은 회전교차로 또는 경계석 측면 등 다양한 위치에 시공 가능하며 특수 고감도 카보네이트 소재를 사용해 스크래치 및 온도 변화에 강하다. ‘부착식 시선유도봉’ 역시 고탄력 연질 폴리우레탄 재질로 뛰어난 복원력을 가지고 있으며 간편한 설치와 교체 작업으로 유지보수 비용 절감 효과가 있다.

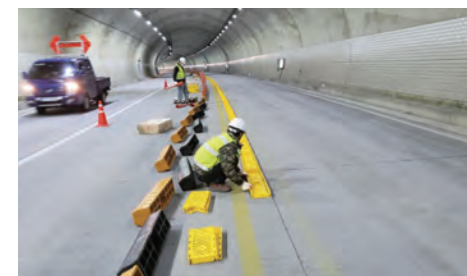
공공기관으로부터 기술력 인정받아

(주)비에스가 개발한 도로안전시설물은 도로표지병과 시선유도봉, 차선분리대, 카스토퍼, 차선규제블럭 등이다. 부착식 도로표지병과 시선유도봉은 2015년 특허를 획득한 이후에도 꾸준한 연구를 바탕으로 도로에 특화된 접착제를 개발해 다양한 공공기관에 공급하고 있다. 부착식 노볼트 제품들은 기존의 앵커식 제품들과 비교해 볼 때 전단강도는 아스팔트환경에서 395%, 시멘트콘크리트 환경에서 65%, 인장강도는 아스팔트 환경에서 276%, 시멘트콘크리트 환경에서 19%, 부착전단강도도 국토교통부 지침인 1.5MPa 보다 높은 7.4MPa를 향상시켰다. 이렇게 기술력을 입증한 노볼트 제품들은 2018년 한국토지주택공사로부터 우수 신제품으로 선정되었으며, 2020년 SOC혁신기술 제품 등록, 2022년 한국도로공사 도공기술마켓에 등록되었다. 또한 정부

66

안전이 우선! 사람이 우선!

99





한국도로협회 최희철 상근부회장이
(주)비에스 구본삼 대표이사와 인터뷰하고 있다.

나라장터나 일선 지자체, 공공기관 등에도 인기리에 공급되고 있다. 최근에는 대구외곽순환고속도로, 제주특별자치도 지방도 1132호선, 경기도 고양시 호국로, 서울 동부·서부·남부·북부·성동·강서도로사업소, 봉담 시도 67호선 등 약 500여 곳에 설치되어 도로관리기관에 호평 받고 있다.

버스전용 차선용 '청색 도로표지병'도 지자체 검증

최근 잦은 기상이변으로 인해 빗길 야간 운전 시 교통 사고가 증가하고 있다. 이를 착안하여 비에스는 도로에서도 쉽게 확인 가능한 청색 부착식 도로표지병을 개발해 운전자는 물론 발주 관계자에게도 좋은 평가를 받았다. 특히, 서울특별시 관할 내 제품을 설치한 후 시야 확보 우수성을 보이며 시민들과 발주처의 호평을 얻었다. 버스 전용 차선용 청색 도로표지병은 앵커 방식에 의한 도로 파손, 재귀반사 필름의 짧은 지속성, 유지보수 비용 과다 등 기존 도로표지병의 단점을 해결하고, 운전자들의 시야 확보에 도움을 주는 청색을 도입해 빗길 야간 운전 시 도로 안전사고를 예방하는데 탁월하다. 구본삼 대표는 “작년 서울 동부도로사업소를 통해 버스전용차선에 청색 도로표지병 1,650개를 설치했다”며, “올해 2월 국토교통부에서는 앵커형 및 매립형 기존 2가지 방법에서 부착형을 추가로 개선했으며, 부착형 표지병 설치를 권장한다고 발표한 만큼 앞으로도 안전한 도로시설물 제품을 공급하도록 노력하겠다”고 덧붙였다.

국내외 박람회를 통해 해외 진출 본격화

(주)비에스가 국내외 박람회 참가에도 주력하고 있다. 11월 21일부터 23일까지 두바이 월드 트레이드센터에서 열린 '2023 인터모빌리티 엑스포'와 동시에 11월 22일부터 24일까지 일산 킨텍스에서 열린 '2023 도로교통박람회'에 참가했다. 2023 인터모빌리티 엑스포는 중동 지역의 관문인 두바이에서 개최되는 동일 지역 내 최대 규모의 도로교통 전문 전시회로 30여 개국, 100개 이상의 업체가 참여했다. 이번에 참가한 전시 부스에서는 노볼트 대표 제품인 부착식 시선 유도봉, 부착식 도로표지병, 부착식 카스토퍼 등이 소개돼 현지 참관객에게 큰 호응을 얻었다. 특히, 마타르 알 타에르(Mattar Al Tayer) 두

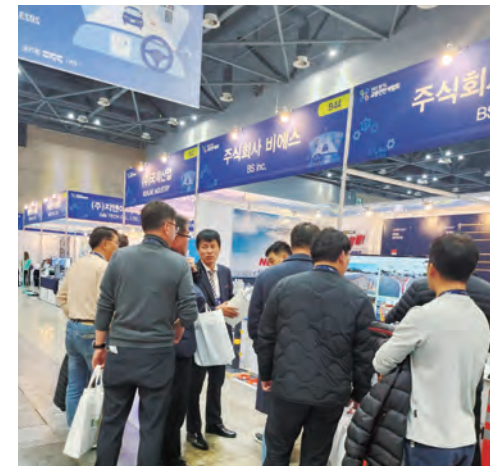


바이 도로교통청 청장도 부스를 찾아 제품에 많은 관심을 보였다. 국내 유일 도로교통 전문 전시회인 2023 도로교통박람회에서는 수출상담회, 시군품평회, 신기술품평회, 쇼케이스 프로그램에 참여했다. 특히 쇼케이스(특별전시공간)를 통해 부착식 시선유도봉, 부착식 도로표지병, 부착식 카스토퍼를 시연해 실제 부착식 도로안전시설물의 효과를 소개했는데, 터키 기업과 한국도로공사, 지자체에서 노볼트의 제품에 관심을 보였다. 노볼트는 다양한 엑스포를 계기로 수출을 본격화한다는 계획이다. 현재 해외업체 10여 곳과 수출상담을 통해 진출계획을 모색하고 있다. 구본삼 대표는 “도로안전시설물 수출을 통해 'K-안전'의 우수성을 전파하고 도로 안전의 새로운 패러다임을 제시하는 기업으로 성장해 나가겠다”고 포부를 밝혔다.



볼트가 없는 안전한 도로를 만들 것

(주)비에스 기업부설연구소에서는 다양한 테스트를 통한 제품 개발뿐만 아니라 해외사업팀도 구성하여 수출사업을 준비하는 등 기술혁신 선도 기업으로서의 면모를 갖춰 나가고 있다. 또한 국토교통부 신기술지정, 산업통상자원부 기술표준원 신제품 지정, 조달청우수제품, 중소기업청 성능 인증도 추진 중이다. 구본삼 대표는 “국가인증 제도를 활용하여 사회적 교통약자인 어린이, 장애인, 고령자 등을 위한 환경 개선에 중점을 두고 다양한 기관에 납품할 것”이라고 말했다. 최근 빈번하게 발생하고 있는 안전사고에 대한 경각심이 각별히 중요해지고 있다. 국토교통부는 도로 안전을 강화하기 위해 매년 2조 원 이상의 예산을 편성하고 있으며, 환경개선, 시설물 유지보수 예산도 확대하고 있다. 한국도로공사, 지자체 등에서도 도로안전을 위한 시설물 개선과 스마트한 도로안전시설물을 적극적으로 도입하고 있다. 구본삼 대표는 “도로를 이용하는 국민의 관점에서 도로를 안전하게 이용할 수 있도록 부착식 도로시설물인 노볼트를 대중화할 것”이라고 강조했다. 🇰🇷



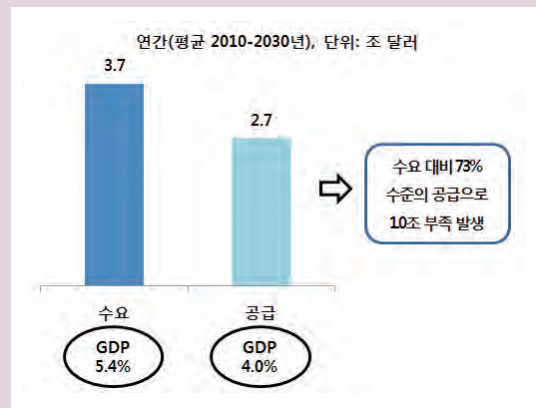
특집 01

노후 시설물 유지관리 시대, 안전확보를 위한 재원조달 정책

홍성호 | 대한건설정책연구원 선임연구위원

I. 서론

인구감소·경제둔화에 따른 세수감소로 인해 OECD 국가들의 기반시설 수요 대비 공급(투자)은 축소·지연되는 반면, 유지관리 및 성능개선 수요는 급증할 것으로 전망된다(세계경제포럼, 2014). <그림 1>과 같이 2010~2030년 OECD 회원국의 기반시설 수요 3.7조\$ 대비 공급은 2.7조\$에 불과하여 수요와 공급 불일치(Infrastructure Gap) 현상을 경험할 것으로 예상된다. 더욱이 OECD 회원국은 <그림 1> OECD 기반시설 수요공급 부족 전망



공통적으로 경제성장기에 구축한 기반시설의 노후화에 대비하여 투자를 적기에 하지 않아 시설물 붕괴 등 다양한 사고가 발생하고 있다. 실제로 일본에서는 사사고(笹子) 터널 붕괴(2012년), 미국에서는 I-5 고속도로 교량 붕괴(2013년), 이탈리아 제노바에서는 모란디 교량 붕괴(2018년), 프랑스에서는 남부 현수교 붕괴(2019년) 등이 발생한 바 있다. 이와 같이 OECD 국가 대부분은 기반시설 노후에 따른 붕괴 등의 문제에 봉착한 상태이므로, 유지관리·성능개선 수요가 신설보다 비약적으로 확대될 것으로 보인다.

<그림 2> 미국 기반시설 투자 추이



따라서 OECD 주요 국가들은 기반시설 유지관리·성능개선 수요에 대응하기 위해 투자 비중을 확대하고 있으며, 적극적인 투자계획도 수립하고 있다. <그림 2>와 같이 미국의 기반시설 관리 투자 규모는 2014년 전체 예산의 56.5%(美 국회예산처, '15)를 차지하고 있으며, 일본에서는 2018년 전체 공공공사 중 유지관리비가 29.9%를 차지하고 있다. 또한 미국은 3,050억 달러(2016~2020), 일본 547조 엔(2015~2054년), 영국 4,830억 파운드(2016~2021), 독일은 1,416억 유로(2016~2030)를 투자할 계획이며, 민간자본도 적극 유치하고 있다. 한국도 1970년대를 전후하여 우리경제가 압축 성장기에 진입하면서 본격적으로 건설하기 시작한 국가 주요 기반시설의 노후화가 진전되면서 본래 기능을 발휘하는데 한계를 드러내고 있을 뿐만 아니라 안전사고의 우려도 커지고 있으므로 이에 대한 체계적인 유지관리의 필요성이 증대되고 있다. 이에 공공 기반시설에 대해 전략적 투자와 관리방식을 도입함으로써 안전사고를 방지하고, 기존 시설의 수명연장과 성능개선을 통해 재정 투자를 효율화하면서, 관련 산업을 육성하는 등의 내용으로 「지속가능한 기반시설 관리 기본법(이하, 기반시설관리법)이 제정(법률 제16145호, 2018. 12. 31. 공포, 2020. 1. 1. 시행)되었다. 또한 향후 5년간 기반시설 관리의 정책방향을 담은 제1차 기반시설 관리 기본계획(이하 기본계획)이 '20년 4월 고시된 바 있다. 그러나 현재의 기반시설관리법과 기본계획에는 기반시설관리위원회, 종합투자계획 수립, 최소유지관리기준과 성능개선기준 설정 및 정부의 지원 원칙, 관리주체의 성능개선충당금 적립 의무화만이 규정되어 있을 뿐, 국가, 지자체, 관리주체의 재원 마련과 운영, 분배에 관한 종합적인 정책과 방안의 구체성은 미흡한 상태이다.

따라서 본고는 기반시설 효율적 관리의 핵심인 재원조달 정책과 구체적 방안을 제안하고자 한다.

II. 기반시설의 선제적 투자 및 재원 조달의 필요성

1. 기반시설 관리수준

앞서 설명한 바와 같이 우리나라도 기반시설의 유지관리·성능개선 수요가 증가할 전망으로, 공급 지연으로 인한 미래부담을 경감하기 위해 투자 확대 필요성이 증대하고 있다. 1970년대부터 본격적으로 구축된 기반시설의 개선 주기 도래에 따라 유지관리·성능개선의 소요 규모가 비약적으로 증가될 것으로 예상된다. <그림 3>과 같이 도로, 철도, 항만 등 중대형 SOC와 지하시설 중 30년 이상 경과연수를 지닌 시설물은 2019년 기준 36.8%, 14.9%에 불과하지만, 20년 후에는 무려 79.5%, 63.0%에 달할 것으로 전망된다.

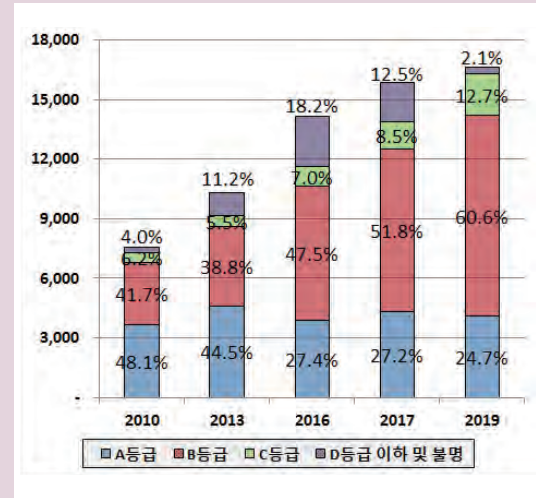
<그림 3> 중대형 SOC·지하시설 노후화 및 전망

구분	전체	30년 이상		
		2019년 (현재)	2029년 (10년 후)	2039년 (20년 후)
중대형 SOC	수량(개)	65,009	23,945	35,186
	비율(%)	100.0	36.8	54.1
지하 시설	수량(km)	414,730	61,661	152,663
	비율(%)	100.0	14.9	36.8

<그림 4>와 같이 기반시설의 안전등급도 도로, 철도, 항만 등중대형 SOC는 「시설물안전법」에 따른 제1·2종 시설물(건축물, 민간 제외)은 체계적 관리로 인해 국가 및 지자체 소관 시설물 모두 안전하게 관리되고 있다. 그러나 지하시설물의 경우에는 「시설물안전법」 대상 상수도·공동구의 관리 상태는 양호한 편이나, 그 외 지하시설은 안전등급이 없어 확인 불가하고 2019년 기준 상수도·공동구

중 A·B등급 시설물 비중은 94.3%로서 2016년 대비 크게 증가하여 시설별로 관리 수준이 다소 상이한 상황이다.

〈그림 4〉 국가 중대형 SOC 안전등급 추이

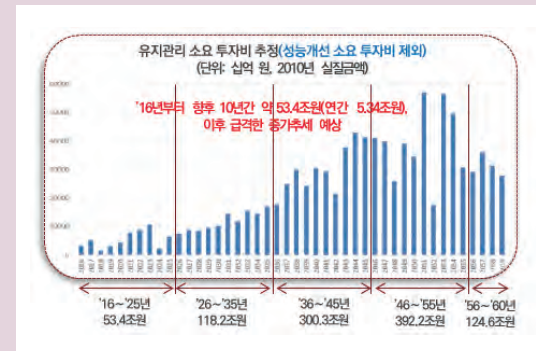


2. 기반시설 관리 소요재원 투자 전망 및 현황

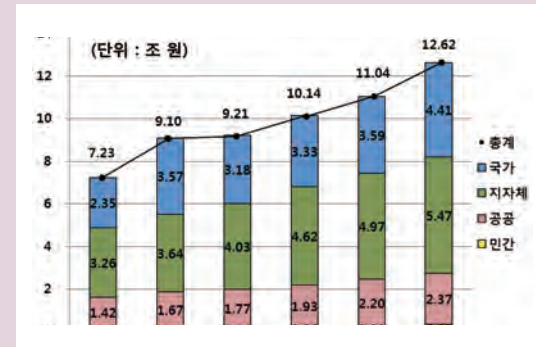
기반시설의 급격한 노후화와 함께 1인당 국민 소득 3만 달러 시대에 기반시설 서비스 품질 및 이용의 국민 요구수준 상향과 안전 기대치도 증가하고 있다.

이로 인한 기반시설 유지관리 비용도 〈그림 5〉와 같이 비약적으로 증가하여 2016년부터 향후 10년간 약 53.4조 원으로 추정되고 있으며, 2026~2035년까지 118.2조 원, 2035~2045년까지 300.3조 원이 투자되어야 할 것으로 전망되고 있다. 만일 적정 재원이 마련되지 않아 기반시설 유지관리·성능 개선 투자가 지연된다면, 안전·서비스 수준 저하를 유발하여 지속가능한 기반시설 이용을 위한 미래 부담 증가를 초래할 것으로 보인다.

〈그림 5〉 기반시설 유지관리 소요 투자비 추정



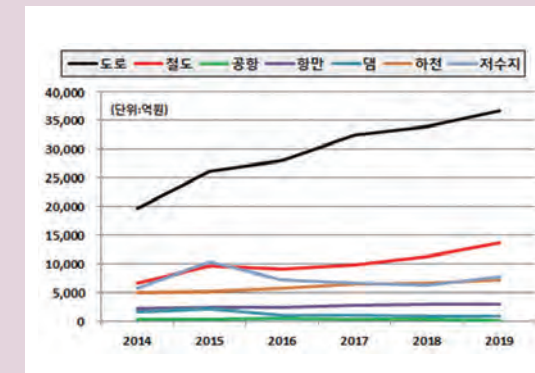
〈그림 6〉 관리주체별 기반시설 유지관리 투자 추이



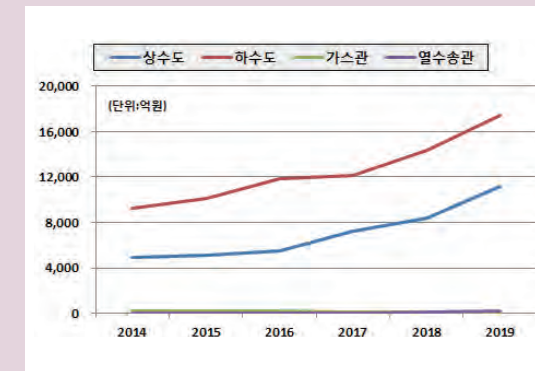
그러나 〈그림 6〉과 같이 지난 6년간(2014~2019년) 노후 기반시설 관리에 약 59.3조 원(국비 20.4, 지방비 26.0, 공공 11.3, 민간 1.6)이 투자되고 있다. 〈그림 7〉, 〈그림 8〉과 같이 중대형 SOC의 경우에는 교통시설을 중심으로 유지관리 투자가 증가하고 있다. 교통시설 중 도로·철도·항만은 국가 및 공공기관 위주로, 공항은 공공기관을 중심으로 시설 유지관리 투자가 증가하는 추세이며, 국비 투자 위주인 댐·하천·저수지 등의 방재시설은 2015년 저수지 분야의 일시적 증가(가뭄 대응)를 제외하고, 전반적으로 감소 추세에 있다.

한편, 〈그림 9〉, 〈그림 10〉과 같이 상·하수도 관리에 대한 국비투자는 큰 폭 증가, 가스·송유·열수송관 등에 대한 공공·민간분야 투자도 완만하게 증

〈그림 7〉 중대형 SOC 국가·지자체 투자액



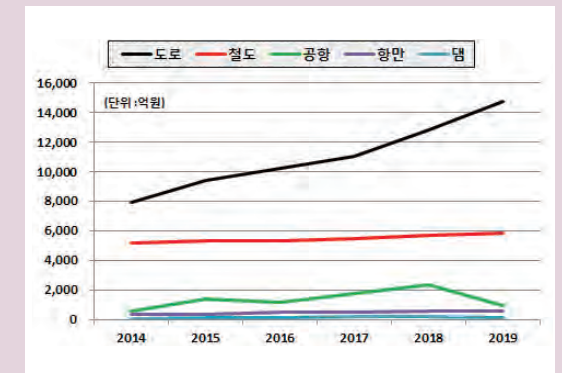
〈그림 9〉 지하시설 국가·지자체 투자액



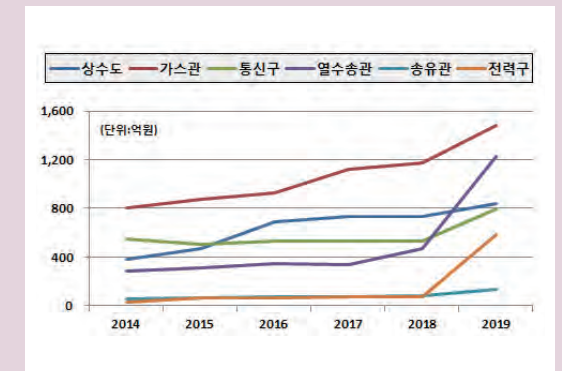
가하고 있다. 상·하수도는 기반침하·도심침수 등으로 인한안전사고 예방을 위해 2015년부터 노후관로 정비를 위한 국비 지원이 크게 증가하고 있으며, 가스·송유·열수송관·전력구 관련 공공기관·민간 투자도 2019년에 대폭 증가하고 있다. 반면, 통신구 관련 유지관리 투자(민간, KT)는 매년 500억 원 수준을 유지하는 실정이다.

국내 기반시설 투자는 기반시설 관리 주체가 소요 재원을 부담하는 것을 원칙으로 하고 있다. 이로 인해 고속국도(한국도로공사), 공항(인천국제·한국공항공사), 댐(한국수자원공사·한국수력원자원), 송전선로(한국전력공사), 가스(한국가스공사·지역사업

〈그림 8〉 중대형 SOC 공공·민간 투자액



〈그림 10〉 지하시설 공공·민간 투자액



자), 통신구(KT), 송유관(대한송유관공사) 등 공공기관 또는 민간이 사용·수익하는 시설은 대부분 해당 기관이 유지관리 비용을 부담하고 있다. 다만, 국가가 직접 소유·관리하고 있지 않더라도 국민생활 안전에 직결되거나, 일반도로, 하천, 저수지, 항만 등 국가·지자체가 관리(위탁관리 포함)하거나 수익이 발생하지 않는 시설은 국비·지방비로 관리하고 있다.

3. 기반시설 관리 투자·재원의 문제점

기반시설 관리에 전문학적 재원이 소요될 것으로 전망된 반면, 현재의 투자 재원은 한정적이다. 이로 인해 기반시설 유지관리·성능개선 투자가 지연된다면, 안전·서비스 수준 저하를 유발하여 지속가능한 기반시설 이용을 위한 미래 부담 증가를 초래할 것으로 보인다. 그럼에도 불구하고 기반시설 관리 투자·재원 확보에는 다음과 같은 문제점이 존재하고 있다.

첫째, 급격한 기반시설 노후화로 관리비용 급증이 예상되나, 이에 대한 중장기적 목표 설정과 선제적 투자 및 계획은 미흡한 상태이다. 특히 기반시설의 지속가능성 확보를 위한 골든타임인 10년 이내에 투자 확대가 요구되나, 정확한 실태진단 및 비용추계 등 제반여건이 아직까지 구축되어 있지 않다. 우리보다 노후화를 먼저 경험한 선진국은 인프라 백서(Infrastructure Report Card)를 정기 발행하여 기반시설 실태 진단과 장래 비용을 추계하고 있다. 우리나라의 기반시설관리법도 기반시설 실태조사를 통해 실태진단과 장래 비용을 추계하도록 하고 있으나, 그 실시와 활용의 구체성이 미흡한 상태이다. 둘째, 중앙정부 및 지자체 투자재원 마련이 시급하나, 현실적 난관이 존재하고 있다. 중앙정부는 관련 세수 폐지와 분산된 재원 등으로 인하여 예산확보 및 지원의 효율화를 모색하기 힘든 상황이다. 특히 기반시설 주요 재원인 교통·에너지·환경세 일몰기한이 2021년이며, 노후 시설 정비 관련 예산도 여러 특별회계와 보조금으로 분리·지원되어 효율성도 낮다.

셋째, 기반시설 다수를 관리하고 있는 지자체의 유지관리 및 성능개선을 위한 재원확보 역량 격차가 크다. 특히, 지방의 일부 지자체 등 관리주체 경우

에는 인구감소와 낙후된 지역경제로 인해 세수 확보 등 재정상태가 열악하여 기반시설의 유지관리비와 성능개선충당금 적립이 불가능한 상태이다. 그러나 기반시설관리법은 국가·지자체가 성능개선충당금 적립 관리주체에 한해 그 적립 한도 내에서 지원가능함을 규정하고 있다. 따라서 국가 및 지자체의 관리주체 기반시설 재원 지원이 부익부 빈익빈 현상을 초래할 소지가 높다.

넷째, 기반시설관리법은 관리주체 소관 기반시설의 성능개선을 위해 성능개선충당금을 적립하도록 규정하고 있으나, 그 성격과 재원 확보 범위를 구체적으로 명시하고 있지 않다. 관리주체가 성능개선충당금을 적립하기 위해서는 일반회계의 전입금, 사용료 상향, 적립이 부채로 처리되는 회계기준의 개선이 요구된다.

다섯째, 기반시설 노후화 대응의 일환으로 선진국은 민간투자사업을 적극 추진하고 있으며, 기반시설 성능개선 수요에 비해 정부 재정이 부족한 국내 현실을 고려할 때 민간투자가 절실하나, 각종 제도 미비와 부정적 인식으로 저해될 소지 우려가 높다. 실제로 민간투자법과 기반시설관리법에 따라 기반시설 유지관리·성능개선 민간투자사업이 가능하나, 근거 규정 미흡과 부정적 인식으로 난항이 예상된다.

III. 기반시설의 효율적 관리를 위한 재원조달 정책 제언

1. 기반시설 투자재원 및 지원을 위한 관계법령 정비
관리주체 재원마련 및 성능개선충당금 특별회계·기금 설치와 국가·지자체 지원을 위해서는 관리주체 설립·운영을 명시한 법률(예시: 한국도로공사

법), 국가회계법, 지방재정법, 공기업·준정부기관 회계규칙, 보조금 관리에 관한 법률, 부담금 관리 기본법 등 관리주체 설립, 회계, 부담금·보조금 관련 법령 개정이 필요하다. 이를 설명하면 다음과 같다. 첫째, 성능개선충당금 특별회계·기금 설치근거를 마련해야 한다. 한국도로공사법, 서울특별시 서울시설관리공단 설립 및 운영에 관한 조례 등 관리주체 설립·운영, 회계 관련 법령·조례 개정을 통해 설치근거를 마련하고, 성능개선충당금이 부채로 처리되지 않고, 투자 재원으로 일반회계 전입금도 포함될 수 있도록 국가·지방 회계기준, 공기업·준정부기관 회계규칙, 기반시설관리법 등 개정을 추진하여 충당금 성격 명확화 및 재원범위를 확대해야 한다.

둘째, 재정상태 열악한 관리주체 지원을 위한 관련 법령을 정비해야 한다. 지역 낙후도가 심각하나 재정자립도가 낮은 지자체는 성능개선충당금 적립 여력이 부족하므로 자체 재원을 통해 성능개선이 어려운 상태이다. 이들 지자체도 매칭 펀드 성격의 보조금법과 기반시설관리법의 성능개선비용 지원 원칙을 개정해야 한다.

셋째, 향후 기반시설 사용료 상향을 대비하여 국가의 성능개선 지원금을 사용료 원가 항목에서 제외해야 한다. 이를 위해서는 기반시설 사용료와 성능개선 지원비용이 연동되지 않도록 부담금법, 개별법(철도사업법), 공공요금 산정기준을 개정할 필요가 있다.

2. 중앙·지자체·관리주체의 성능개선 투자재원 마련
기반시설 정비 관련 재정체계 개선, 재원 다각화, 우수 관리주체에 대한 혜택 부여를 통해 성능개선 투자재원 마련과 지원 활성화를 다음과 같은 방안을

통해 모색해야 한다. 첫째, 성능개선비용 지원을 위한 재정체계를 마련해야 한다. 관리주체와 지자체 성능개선비용 지원을 위한 중앙 차원의 (가칭)노후 기반시설 정비 특별회계·기금 신규 설치 또는 기존 특별회계 계정 추가와 일원화된 지원체계를 신설해야 한다. 노후 기반시설 정비 특별회계·기금 신규 설치하는 중앙정부 기반시설 관련 재정체계인 교통시설특별회계, 환경개선특별회계, 지역발전특별회계에서 노후 인프라 정비 관련 예산을 분리하여 별도 특별회계·기금으로 설치하고 활용하는 것을 의미한다. 기본 특별회계 계정 추가는 교통시설특별회계의 도로계정, 공항계정, 교통시설관리계정, 철도계정, 항만계정 이외에 노후 기반시설 정비 계정 추가(타 계정의 노후 시설 정비 관련 예산 전입)를 가리킨다. 일원화된 지원체계라 함은 지자체 지원을 위한 기반시설 정비 교부세 신설을 검토(일본은 방재·안전교부세로 일원화)하는 것을 말한다.

둘째, 기반시설 성능개선재원의 지속가능성을 검토해야 한다. 중앙-지자체 협의체 및 민·관·산·학 협의체를 통해 교통·에너지·환경세 존치 또는 유류세에서 주행세 기반으로 전환, 폐지 시 일반회계(개별소비세 기반) 일정비율을 기반시설 정비 예산으로 의무 활용하는 등 기반시설 재원 관련 조세 존치와 이용자(수익자) 부담원칙에 의거한 기반시설 사용료 상향에 관한 논의를 추진해야 한다.

셋째, 중앙·지자체·관리주체 투자재원 다각화를 시도해야 한다. 기반시설부담금 제3조에 의한 기반시설부담금, 지속가능교통발전법 제52조에 의한 과태료 중 일부를 재원으로 활용, 주요 간선도로의 통행료 부과 등 기반시설 관련 타 재원 일부를 노후 기반시설 정비 재원으로 활용하는 방안을 적극 검토

토해야 한다.

넷째, 투자 및 재원 마련 우수 관리주체에 대한 (혜택 부여) 관리계획에 의해 성능개선투자와 재원을 마련하는 관리주체에 대해 공공기관·지방자치단체 평가(합동평가)지표로 기반시설 성능개선투자 및 재원확보 노력 추가하고, 우수 기반시설을 선정하여 예산 지원 등의 인센티브 부여 등 각종 혜택을 부여하는 방안을 강구해야 한다.

3. 민간투자 활성화를 통한 기반시설 관리 재원 조달 방안 마련

영국 Sheffield시는 전체 도로개량·유지보수·운영관리를 단독 민자사업으로 추진하고 있으며, 민자사업에 대해 보수적인 일본도 지정관리자제도, Concession계약을 통해 민간참여를 유도하고 있다. 이와 같이 기반시설 노후화 대응의 일환으로 선진국은 민간투자사업을 적극 추진하고 있으므로, 우리나라도 민간투자 소요 파악과 합리적 사업 수행방안 마련을 통해 기반시설 성능개선 민간투자사업의 활성화를 다음과 같이 모색해야 한다.

첫째, 민간투자사업 재원조달 포트폴리오를 확장해야 한다. 기존 시설-신규 시설 또는 유사 시설 연계 추진(Bundling) 등 전체 기반시설의 종합적 정비를 모도하고 사업성 높은 시설의 운영관리권 매각·임대료 (가칭)노후 기반시설 투자기금을 조성하여 사업성이 낮은 시설에 투자하는 등 재원조달 포트폴리오 구성을 개별사업에서 전체 시설물로 확장해야 한다.

둘째, 다양한 재원조달 방식을 마련해야 한다. 크라우딩 펀딩(수익성 낮거나 편익이 특정 대상으로 집중되는 사업), 공모·유동화(수입성 높은 사업), 정부 부분 참여·지분 투자(기존 운영관리권이 종료되

는 민간투자사업)를 통해 수익 공유와 투자자 참여를 유인하고 공공성 확보까지 모색해야 한다.

셋째, 민간투자사업 수행방식 다양화를 모색해야 한다. 시설성격과 기존 운영방식을 고려한 RTO, ROO, RTL 등 민간투자사업 수행방식을 마련해야 하며, 기존 시설의 객관적 가치평가와 사업성을 평가하기 위한 기준 수립, 개량·운영범위, 사업 시행절차, 사업 시행자의 권리 등을 명시한 표준약관도 마련함으로써 민간투자사업의 투명성 제고와 부정적 인식을 개선해야 한다.

4. 한국형 기반시설 자산관리 표준모델 개발 및 보급

기반시설 관리를 통한 소요 재원의 최소화·평준화 효과를 증진하기 위해서는 선제적 유지관리에서 자산관리로의 발전을 지금부터 준비해야 한다. 선진국은 자산관리 표준모델의 자체 개발·적용(미국 FHWA 등) 또는 국제표준인 ISO 55000, IIMM(International Infrastructure Management Manual) 활용을 통한 자산관리 적용이 매우 활발한 상황이다. 따라서 한국형 자산관리 표준모델 개발·보급을 통한 지자체·공공기관 관리역량 강화와 기반시설 유지관리 비용의 최소화 평준화를 모색해야 한다.

첫째, 한국형 자산관리 표준모델을 개발해야 한다. 국제 자산관리 표준모델(ISO 55000 등)을 국내 시설과 관리주체의 특성에 맞게 수정·보완한 한국형 자산관리 표준모델을 관리주체(공공·민간) 성격과 시설별로 개발하고, 도로·철도 등 주요 기반시설 또는 관리주체 대상 한국형 자산관리 표준모델 시범사업을 추진하여 시행효과 검토를 통한 고도화 및 인증 시스템을 구축해야 한다.

둘째, 기반시설 자산관리 표준모델의 보급사업을

추진해야 한다. 기반시설 관리역량 강화가 필요한 지자체 등 관리주체와 민간투자사업자의 소관 시설에 우선 보급하고, 우수 기반시설과 민간사업자 선정기준으로 적극 활용하는 것이 요구된다.

IV. 결론

우리나라도 1970년대부터 본격적으로 구축된 기반시설의 개선 주기 도래에 따라 유지관리·성능개선의 소요 규모가 비약적으로 증가하나, 이를 위한 투자재원은 부족할 것으로 예상된다. 기반시설 관련 재원 부족으로 인한 유지관리·성능개선 지연은 안전·서비스 수준 저하를 유발하여 지속가능한 기반시설 이용을 위한 미래부담을 증가시킬 뿐만 아니라, 국가경쟁력의 핵심 요소인 기반시설의 기능을 저하시키는 결과를 초래할 것이 분명하다.

따라서 우리나라도 노후화 되어가고 있는 기반시설에 대해 전략적 투자와 관리방식을 도입함으로

써 안전사고를 미연에 방지하고 기존시설의 수명연장과 성능개선을 통해 재정투자의 효율성을 제고하면서, 낙후된 유지관리 관련 산업을 고부가가치화하고 새로운 일자리를 창출하기 위한 노력을 기울일 시기가 도래하였다. 이에 정부는 기반시설관리법 제정·시행과 함께 향후 5년간 기반시설 관리의 정책방향을 담은 제1차 기본계획을 발표하고 추진하고 있다. 그러나 현재의 기반시설관리법과 기본계획에는 국가, 지자체, 관리주체의 재원 마련과 운영, 분배에 관한 종합적인 정책과 방안의 구체성은 미흡한 상태이다. 따라서 본고는 기반시설 관리의 투자재원 필요성과 그 문제점에 대해 진단하고, 효율적인 재원조달 정책으로 4가지 방안을 제안하였다. 이와 같은 방안이 이번 21대 국회에서 논의되고 입법화되어 우리의 후손이 짊어질 부담을 최소화하고 현재의 우수한 기반시설을 그대로 활용할 수 있기를 기대한다. 🇰🇷

참고자료

1. World Economic Forum(세계경제포럼), Strategic Infrastructure Steps to Operate and Maintain Infrastructure Efficiently and Effectively, 2014
2. Congressional Budget Office, Public Spending on Transportation and Water Infrastructure, 2015

특집 02

안전하고 지속가능한 관리체계 정착을 위한 기반시설 첨단관리 기술개발 추진현황

김동현 | 국토안전관리원 안전성능연구소 연구원
김동주 | 국토안전관리원 안전성능연구소 기술개발실장
유 훈 | 국토안전관리원 안전성능연구소 수석연구원
신병길 | 국토안전관리원 안전성능연구소 선임연구원
이지승 | 국토안전관리원 안전성능연구소 선임연구원

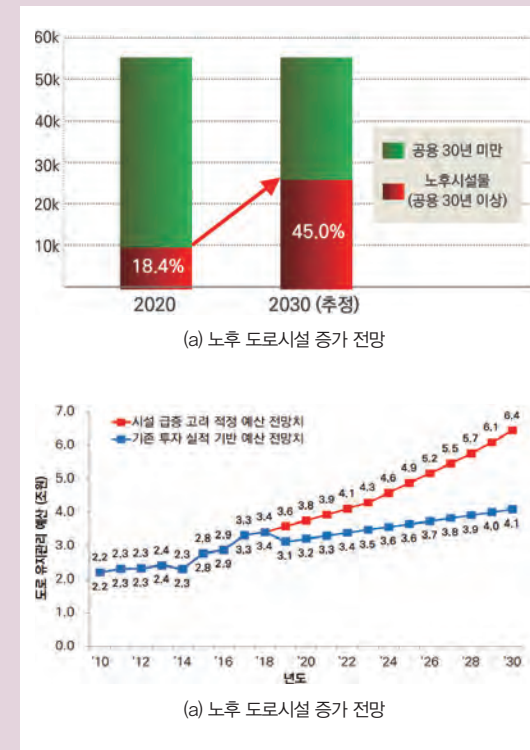
1. 머리말

현재 우리나라는 1990년대까지 집중적으로 건설되었던 도로 등 기반시설의 노후화가 급속도로 진행되고 있다. 지금부터 향후 10년 이내에 공용연수 30년이 넘는 노후 도로시설물 비율은 현재의 18%에서 45%로 2배 이상 급증할 것으로 예상되고 있으며, 이에 따라 필요한 유지관리 비용도 지속적으로 증가할 것으로 예측된다(국토안전관리원 외, 2022). 증가하고 있는 노후 기반시설의 적정 유지관리에 필요한 예산과 실적 기반으로 예측된 투자 예산과의 격차는 점차 벌어질 것이며, 현 상황을 이대로 방치하는 경우 안전관리가 제대로 이행되지 않는 관리 사각지대에 속한 시설물이 점차 확산될 우려가 있다. 이와 같은 노후 기반시설의 관리 문제에 효과적으로 대처하기 위해서는 유지관리 예산을 적정 규모로 확대함과 동시에 기술 혁신을 통한 투자 효율

화로 노후 기반시설의 유지관리가 지속될 수 있도록 하는 노력이 필요하다. 기반시설 첨단관리(Total care) 기술개발사업은 노후 기반시설 증가 문제에 효과적으로 대응하기 위해 수년 전부터 주관부처인 국토교통부에서 여러 차례 기획하고 추진계획을 수립했던 숙원사업 중 하나이다. 2022년에 착수하여 3단계, 총 5개년으로 추진 중인 이 연구개발사업은 건설·시설·지하·생활안전을 종합적으로 담당하고 있는 국토안전관리원이 주관하여 추진하고 있으며, 우리나라의 건설기술을 주도하고 있는 한국건설기술연구원과 고속국도의 관리를 전담하고 있는 한국도로공사 외 기술력과 노하우를 갖고 있는 학계와 산업계 등 총 18개 기관이 참여하고 있다. 이 특집기사에서는 늘어나고 있는 노후 기반시설이 초래할 문제점과 이에 대한 대책으로 기술적 해결방안의 하나인 기반시설 첨단관리 기술개발사업

및 첨단관리 시스템의 개발 계획과 활용성에 대해 소개한다.

〈그림 1〉 노후 도로시설 증가와 관리예산 전망(국토안전관리원, 2020; 한국교통연구원, 2019)



〈그림 2〉 해외 선진국의 노후시설물 문제 대응 현황



이 관찰된다.

이와 같은 타국의 사례를 거울로 삼아 노후 시설물 관리의 중요성에 대한 사전 인식과 다양한 정책적·기술적 해결방안을 선제적으로 모색할 필요가 있다. 정책적으로는 노후 시설물 유지관리의 중요성에 대한 대국민 공감대 형성, 중장기 대응 전략 수립, 범부처 대응 조직 신설 등이 고려되어야 할 것이며, 경제적 대응으로는 노후 시설물의 유지관리에 대한 정부 재정 투입의 한계를 인식하고 민간투자 방안을 고민해야 할 것이다. 기술적 대응 방안으로는 노후시설물의 효율적 유지관리를 위한 신기술 개발을 적극 추진하고, 첨단 점검/진단, 경제적 보수·보강, 유지관리 효율화, 자산관리 체계 도입 등의 기술 도입에 적극적으로 나서야 할 것이다.

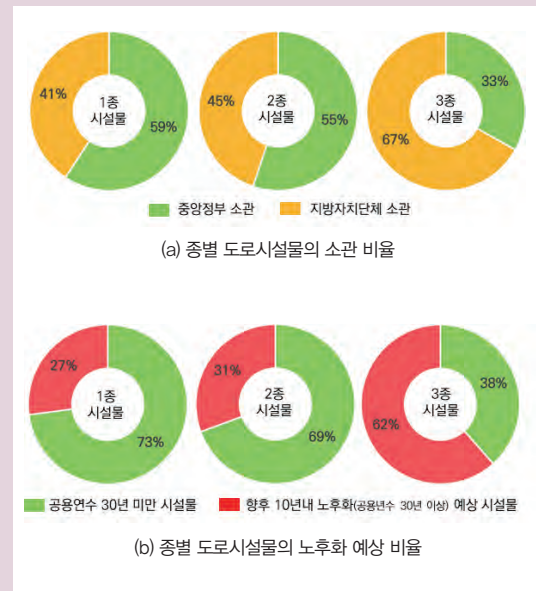
3. 우리나라 노후 기반시설의 증가에 따른 현안

우리나라의 기반시설 노후화 문제의 핵심은 대다수 시설물의 노후 시점이 단기간에 집중된다는 점에 있다. 즉, 고도성장기에 집중적으로 건설되었던 시설물의 노후화가 한꺼번에 진행되면서 노후시설의 안전관리를 위한 적기의 인적·재정적 투입이 원활하지 않을 개연성이 높다는 점이다.

〈그림 3〉은 시설물안전법에 의해 관리되고 있는 도로시설물의 종별 소관부처 비율과 향후 10년 내 공용연수 30년 이상의 노후 시설물에 대한 종별 예상 현황을 나타낸 것이다. 대체적으로 관리수준이 높은 1·2종 시설물은 중앙부처와 지자체 소관 분포 비율이 비슷한 반면, 관리수준이 상대적으로 열악한 3종 시설물의 경우 지자체 소관 비율이 70%에 육박하고 있음을 알 수 있다. 또한 향후 10년 이내에 노후화 될 시설물은 1·2종 시설물의 경우 약 30%에 불과한 반면, 3종 시설물의 경우에는 60%를 상

회하여 대부분의 3종 시설물이 노후화될 것으로 전망된다. 특히, 지방자치단체 소관의 3종 시설물에 대한 체계적 관리가 어려워 향후 위험 요소로 부각될 개연성이 매우 높고 관리 사각지대에 놓일 가능성이 있어 개선이 시급한 상황이다.

〈그림 3〉 시설물안전법에 의한 종별 도로시설의 소관 비율과 노후화 현황



현재 서울시에서만 자체 유지관리시스템(MS)을 운영 중이며, 이외의 지방자치단체는 낮은 재정자립도, 저조한 기술 수준, 기술 필요성 인식 부족 등으로 인해 문제 발생 이후에 수동적으로 대처하는 유지관리 수준을 지속하고 있어, 지방자치단체를 지원하기 위한 첨단기술과 첨단관리 시스템 도입 등 대책 마련이 필요하다. 또한 지방자치단체별로 분절적으로 이루어지고 있는 관리체계를 일원화하기 위해 표준화된 시설물 관리체계 도입과 더불어 지방자치단체의 환경과 기술 니즈를 반영하고 유지관리 업무 효율성을 획기적으로 향상 시킬 수 있는 맞

춤형 관리기술 및 시스템 개발과 제공이 필요한 시점이다.

노후 시설물의 문제는 인구 고령화 문제나 지역 불균형으로 인한 지방 소멸 현상과 엮여, 우리나라에서 부정적인 파급효과가 다른 해외 선진국에 비해 훨씬 거대하게 다가올 것임을 유추할 수 있다. 지방의 노후 기반시설의 관리 미흡으로 인한 사회 안전 서비스망의 부실화는 지방 인구의 이탈을 가속화 할 것이며, 이러한 인구의 이탈이 지방자치단체의 재정 건전성을 위협하여 시설물 관리비용 예상 투입의 부족으로 돌아오는 이러한 악순환의 고리를 끊어내야 한다.

4. 기반시설 첨단관리 기술개발사업의 개요

기반시설 첨단관리(Total care) 기술개발사업은 증가하는 노후 기반시설의 유지관리 문제를 효과적으로 대처하기 위해 기획되어, 국토안전관리원이 주관기관으로 총 18개 기관이 참여하고 있는 국토교

통부 소관 국가 R&D 사업이다. 주 사업목적은 기반시설을 선제적으로 관리하여 안전과 지속 가능성을 극대화 할 수 있는 첨단 관리기술을 개발하는 것으로, 2022년도부터 3단계에 걸쳐 총 5개년 동안 수행 중이며, 사업비는 총 306억 원이 투입될 계획이다. 세부 사업 목표로는 유지관리 비용 30% 절감, 보수/보강에 의한 도로 점유시간 30% 단축과 기반시설 첨단관리 시스템 2건을 실증하는 것이며, 적용범위는 교량, 터널, 지하차도, 옹벽, 절토사면, 보도육교와 차도를 포함한다.

기반시설 첨단관리 기술개발사업은 총 3가지 기술분야로 추진되고 있다. 먼저 점검·진단 분야에서는 점검·진단 장비 자동화와 유지관리 디지털 정보구축을 통해 급증하는 노후 시설물의 유지관리 비용을 획기적으로 절감할 수 있는 고효율 자동화·무인화 점검·진단 기술을 개발한다. 보수/보강 분야에서는 열화 대응형 보수 재료 및 급속 보수/보강 공법을 통해 구조물의 성능을 신속하게 회복하고 시설물

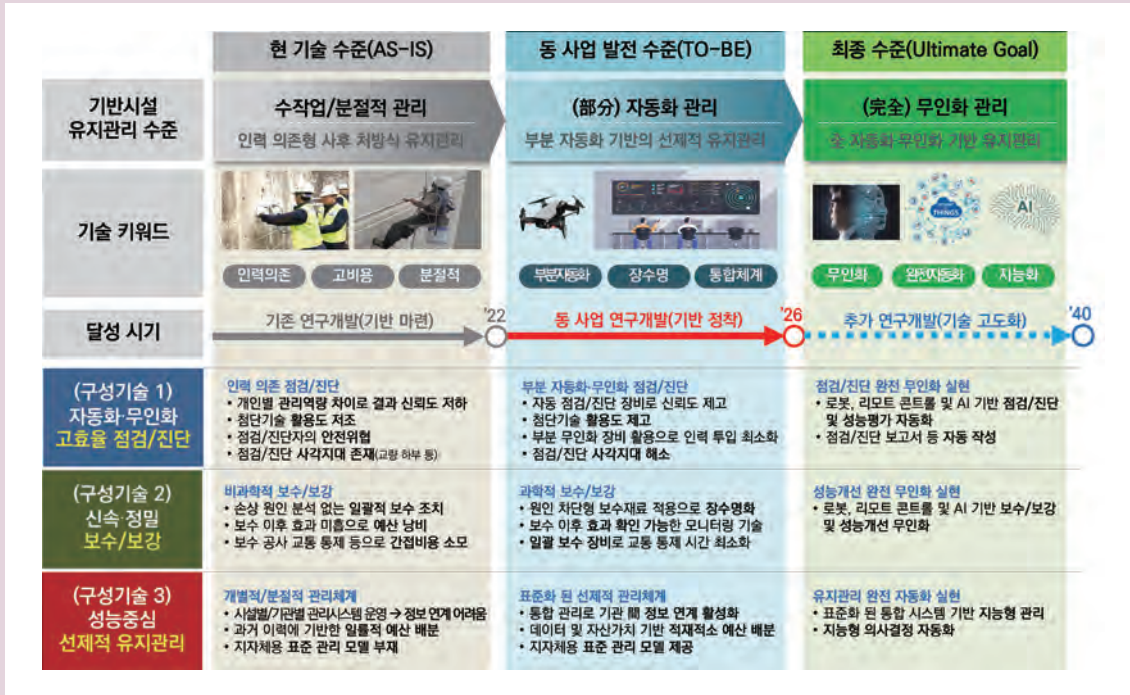
〈그림 4〉 기반시설 첨단관리 기술개발사업의 목표



의 장수명화를 위한 보수/보강 기술을 개발한다. 마지막으로 선제적 유지관리 분야에서는 기반시설의 현재와 미래 성능을 예측, 자산관리에 기반한 유지관리 의사결정을 수행하고, 기반터와 연계한 성능 중심의 첨단관리 시스템을 개발·실증한다. 기반시설 첨단관리는 개별적인 기반시설 관리를 넘어 장기적 관점의 선제적 유지관리 체계 전환을 통해 지속가능한 안전을 확보하고 유지관리 비용을 절감하는 일원화 된 유지관리 체계로 정의할 수 있다. 이 사업에서는 첨단관리 체계를 정착·확산시키기 위해 각 분야에서 개발될 첨단 장비, 재료, 알고리즘, 기법 등 첨단관리 기술과 이를 통해 도출된 첨단관리 서비스를 기반으로 최종적으로 첨단관리 시스템을 개발할 예정이다. 개발된 첨단관리 시스템은 관리수준이 비교적 열악한 지방자치단체를 중심으

로 테스트베드 실증을 통해 그 활용 효과를 객관적으로 검증할 계획이다. <그림 5>는 기반시설 첨단관리 기술개발사업의 기술 달성 목표 수준을 도식화 한 것이다. 기반시설 첨단관리 기술개발사업을 통해 현재 수작업을 기반으로 한 분절적인 시설물 유지관리 수준을 부분 자동화 수준으로 향상시켜 선제적 시설물 유지관리를 위한 기술적 기반을 마련할 예정이다. 보다 구체적인 것은 고효율 점검·진단 기술의 신뢰도와 적용 범위를 확대하는 등 자동화·무인화 기술을 통해 점검 사각지대를 최소화하고, 과학적인 보수/보강 재료와 일괄 장비 개발을 통해 노후 시설물의 장수명화를 달성한다. 또한 표준화 된 선제적 관리체계를 도입하여 현재 산재되어 있는 시설물 유지관리 정보를 통합적으로 관리하고, 지방자치단체를 지원하기 위

<그림 5> 기반시설 첨단관리 기술개발사업의 기술 달성 목표 수준



<표 1> 기반시설 첨단관리 구성기술 종괄표

구성 기술				교량	보도 육교	터널	지하차도	옹벽	시멘	차도	최종 성과	기술 성격	TRL	활용 수준
(1) 자동화·무인화 고효율 점검/진단	(1-1) 자율 점검/진단을 위한 고효율 무인화	① 비접촉 이동식 상태점검 장비 및 운용	●		●	●	●	●	●	●	비접촉 이동식 상태점검 장비	장비 개발	8	상용화
		② 이동형·착륙형 하역 점검용 로봇 위치 제어	●								이동형·착륙형 와이어기반 로봇 제어 장치	장비 개발	8	상용화
		③ 교량 하역 점검용 로봇 및 운용	●								영상자동수집 로봇 및 운용	장비 개발	8	상용화
		④ 전자기 계속 현상 탐지/진단용 추정 휴대용 장비	●								진단용 손상 탐지/진단용 추정 장비	장비 개발	7	상용화
	(1-2) BIM 활용 유지관리 디지털 정보 구축 자동화	① 인공지능 손상분석/상태평가 자동화	●	●	●	●	●	●	●	●	인공지능 손상분석/상태평가 SW	SW 개발	8	상용화
		② BIM(Scan-to-BIM) 생성 및 소규모/3종 도면 생성	●		●			●			도로시설 Scan-to-BIM 시스템	SW 개발	6	현장 실증
		③ 도로시설 문서 이력화 및 디지털 시범지사 연계	●								디지털 시범지사 플랫폼 연계 기술	SW 개발	6	현장 실증
		④ 도로시설 전개도 및 외관조사영도 자동화	●								외관 조사영도 자동화 SW	SW 개발	6	현장 실증
(2) 신속 정밀 보수/보강	(2-1) 스마트 보수 재료 급속 보수/보강	① 동해-열해 복합 열화 대응형 열화 지연형 보수재료	●	●	●	●	●	●	●	●	열화지연형 보수재료 및 분사 장비	재료 개발	8	상용화
		② 보수재 성능기반 교통개방시간 기준 및 비파괴 장비	●	●	●	●	●	●	●	●	교통개방시간 기준 및 비파괴 장비	기준/장비 개발	8	상용화
	(2-2) 일괄형 급속 보수/보강	③ 고속경화/고부착형 유무기계 하이브리드 보수 재료	●								유무기계 하이브리드 보수재료	재료 개발	8	상용화
		④ 균열 보수 후 상태평가용 자가생성 재료	●								자가생성 재료	재료 개발	6	상용화
(3) 성능중심 선제적 유지관리	(3-1) 시간/환경/성능평가 및 성능예측	① 원격제어 시스템 탑재 일체형 급속 보수/보강 장비	●		●	●	●	●	●	●	일체형 급속 보수/보강 장비	장비 개발	8	상용화
		② IoT 활용 작업현황 및 보수 효과 모니터링 시스템	●		●	●	●	●	●	●	작업현황/보수효과 모니터링 SW	SW 개발	8	상용화
		③ 시간/환경/성능평가 및 성능예측	●	●	●	●	●	●	●	●	부재/재료 성능예측(저하) 모델	알고리즘 개발	8	시스템 적용
		④ 성능중심 시설물 통합 성능평가 및 성능평가	●	●	●	●	●	●	●	●	시설물 단위 통합 성능평가 알고리즘	알고리즘 개발	8	시스템 적용
	(3-2) 자산가치 평가 및 투자우선순위	⑤ 통틀/이동 도로시설물 네트워크 성능평가	●		●	●	●	●	●	●	통틀/이동 도로시설물 네트워크 성능평가 알고리즘	알고리즘 개발	8	시스템 적용
		⑥ 자산가치 평가 등 의사결정을 위한 자산가치 평가	●		●	●	●	●	●	●	자산가치 평가 알고리즘	알고리즘 개발	6	시스템 적용
		⑦ 실적 데이터/성능예측 기반 도로시설물 중장기 비용 예측	●		●	●	●	●	●	●	유지관리 비용 산정 알고리즘	알고리즘 개발	7	시스템 적용
		⑧ 비용 최적화를 위한 성능기반 투자우선순위 결정 기법	●		●	●	●	●	●	●	성능기반 투자우선순위 결정 알고리즘	알고리즘 개발	8	시스템 적용
(3-3) 성능중심 선제적 유지관리	(3-3) 선제적 유지관리	① 성능중심 기반시설 첨단관리 표준 모델 및 정보 표준화	●	●	●	●	●	●	●	●	기반시설 첨단관리 표준모델/정보 표준화지침	지침 개발	8	실용화
		② 성능중심 기반시설 첨단관리 시스템/정보 연계 자동화	●	●	●	●	●	●	●	●	기반시설 첨단관리/정보연계 시스템	시스템 개발	8	실용화
	(3-4) 첨단관리 실증	③ 기반시설 첨단관리 테스트베드 실증	●	●	●	●	●	●	●	●	테스트베드 실증 보고서	기술 검증	8	실용화
		④ 기반시설 첨단관리 정착/확산을 위한 제도 개선(안)	●	●	●	●	●	●	●	●	첨단관리 정착/확산 제도 개선(안)	정책 개발	8	실용화

한 표준화 된 첨단관리 시스템을 제공할 예정이다.

5. 기반시설 첨단관리 시스템 개발계획과 시범사업

현재 주관부처인 국토교통부에서는 시설물의 효과적인 유지관리를 지원하기 위해 시설물종합관리시스템(FMS), 기반시설통합관리시스템(기반터) 등 다양한 시설물 유지관리 정보시스템을 운영하고 있다. 이러한 정보시스템은 운영의 근거가 되는 법령의 제·개정과 함께 이루어져 왔기 때문에, 실제 유지관리 업무의 효율성 향상 목적과 동시에 그 당시의 정책목표 달성에 초점을 두어 개발되어 왔던 것도 사실이다. 현재 운영되고 있는 많은 정보시스템 내에는 그 시스템의 목적에 맞는 다양한 시설물 유지관리 정보가 축적되어 있으나, 시스템 간 정보 연동이 미흡한 상황이며 정보의 디지털화도 완전하게 이

루어지지 않은 단계이다.

기반시설 첨단관리 시스템은 관리주체, 특히 기초자치단체의 지역적·환경적 특성을 고려, 시설물 관리의 편의성 제고를 위한 맞춤형 기술 서비스를 제공하기 위한 목적으로 개발되고 있다. 재정·인구 등 행정 현황과 지역적·기후적 환경 특성이 서로 다른 전국의 기초자치단체는 소관 시설물의 관리를 위한 기술적 니즈 역시 다소 차이가 있다. 일례로 대규모 도로망이 구축·관리되고 있는 광역급 대도시와 3종 시설물이 많이 분포된 지방 소도시의 시설물 유지관리에 대한 우선순위와 기술 서비스 니즈는 다를 것이 자명하다. 또한 시설물의 잦은 동결 피해가 우려되는 지역과 해안가에 위치한 지역의 시설물 관리 포인트 역시 다를 수 있다. 첨단관리 시스템의 개발 과정에서는 이러한 지역적 특성을 반영한 맞

춤형 기술 니즈를 발굴하고 기술 서비스를 개발하기 위해서 다수의 기술 설명회와 간담회 및 기술수요 조사를 진행하였다.

또한 시설물 관리수준을 향상시키기 위한 R&D 성격이 강한 실험적 관리 기술을 실증하기 위한 플랫폼으로 기반시설 첨단관리 시스템을 개발한다. 시설물의 관리 수준을 향상시키기 위한 자산가치 평가, 비용 예측, 도로네트워크 레벨의 유지관리 기법 등 현재 개발 단계에 있는 관리기술을 현재 운영되고 있는 관리시스템에 바로 적용할 수는 없다. 기반시설 첨단관리 시스템은 이러한 실험적 관리 기술을 실증하고 효과성을 측정하기 위한 최적의 플랫폼이라 할 수 있다. 또한 향후 일반화될 것으로 예상되는 시설물의 유지관리 BIM 정보를 축적하는 저장소로서의 역할도 제공한다.

기반시설 첨단관리 기술개발사업에서 도출될 구성 기술과 첨단관리 시스템의 실증을 위해, <표 2>에서

정리한 바대로 두 가지 유형의 테스트베드를 구축하고 시범사업을 추진한다. 유형 1의 시설물 단위의 테스트베드는 기존 사업에서 구축해왔던 테스트베드와 유사한 형태로, 교량, 터널, 사면, 옹벽 등 도로를 구성하는 개별 시설물을 실증 시설물로 지정하고, 개발된 장비와 재료 등의 성과를 시설물에 적용·실증하는 유형이다. 테스트베드 실증을 위한 지정 시설물은 지자체 관리공단 등 실제 시설물의 유지관리를 담당하고 있는 관리주체 두 곳과 기관 협의를 통해 확보하였다. 2022년 서울시설공단과 테스트베드 실증 협약을 완료하였고, 2023년에는 부산시설공단과도 업무 협약을 추진하며 테스트베드 실증 시설물을 확보하였다.

유형 2는 첨단관리 기술 및 첨단관리 시스템과 같이 통합적인 기술 실증이 요구되는 관리기술 실증을 위한 것으로, 다양한 시설물을 포함하고 있는 점-선-면 단위의 실증지를 확보하는 유형이다. 현재, 지하

채 대상 기술 서비스 니즈 조사, 지역별 공청회·간담회 등을 추진하여 기반시설 첨단관리 기술개발사업과 첨단관리 시스템 도입 취지 및 활용 효과 등을 홍보하였다. 또한 테스트베드 적합 실증지 확보를 위한 연구를 통해 실증 공모 기준을 개발하였으며, 전국 지방자치단체를 대상 시범사업 공모를 통해 총 두 곳(경상남도 진주시, 대구광역시 군위군)을 선정하여 첨단관리 시스템 시범사업을 진행할 계획이다.

<표 2> 테스트베드 실증 유형

유형	(유형 1) 시설물 테스트베드 (점)	(유형 2) 지자체 테스트베드 (면-선-점)
대 상	• 시설물 단위(점) • 고속국도, 일반국도, 자동차 전용도로의 교량, 터널, 사면, 옹벽 및 포장 등 도로를 구성하는 개별시설	• 지역(면), 노선(선), 시설물(점) • 도심지의 일정 구역과 구역 내 도로망 및 개별 시설물
실증기술	• 첨단관리요소기술 (장비, 재료)	• 첨단관리시스템 (SW, 시스템)
선정방안	• 관리주체 협의 • (메가시티급) 서울시설공단, 부산시설공단	• 전국 지자체 대상 공모 • 중소 노후도시: 경남 진주 • 지방 소도시: 대구 군위

<그림 7> 구성기술 및 시스템 실증을 위한 실증지

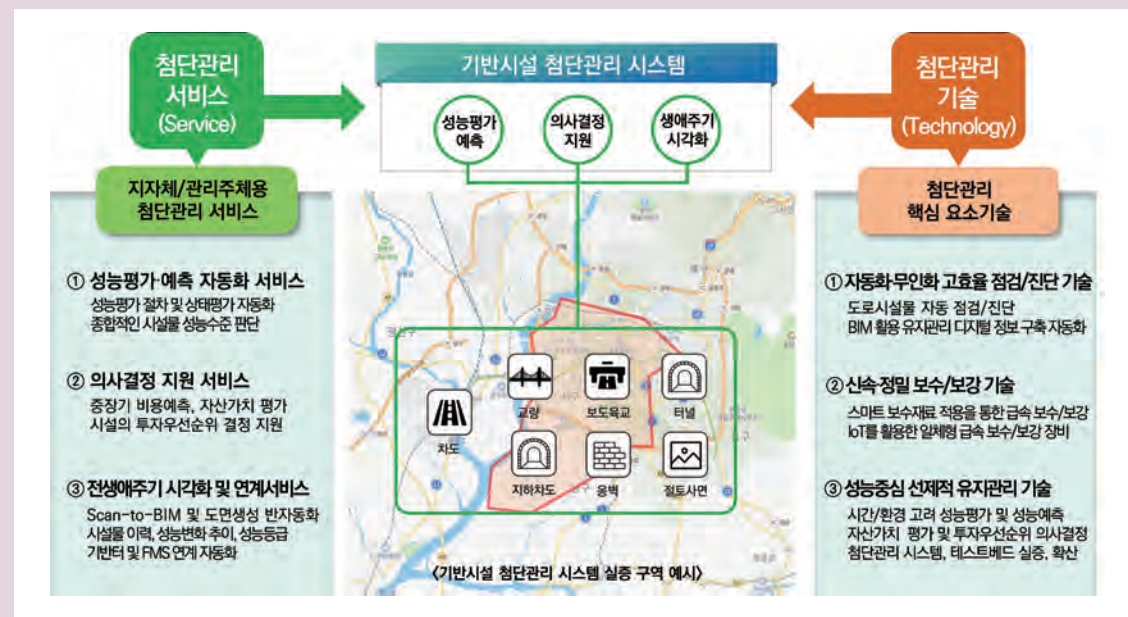


6. 결론

급증하고 있는 노후 기반시설의 관리 문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 정책적·재정적 지원과 함께 첨단 관리기술을 적극적으로 도입하여 기반시설의 관리 효율성을 증대시킬 필요성이 있다. 주관기관인 국토안전관리원을 중심으로 기반시설 첨단관리(Total care) 기술개발사업을 책임감 있게 수행하여 노후 기반시설의 지속가능한 관리 체계 확립에 기여할 계획이다.

기반시설 첨단관리 기술개발사업은 노후 시설물을 체계적으로 관리하고자 하는 기술적 노력의 첫걸음이자 기술 기반 마련의 시작점이라 할 수 있다. 지속적으로 변화하는 사회·경제적 상황을 고려할 때, 노후 시설물 관리의 궁극적인 목표는 완전한 자동화·무인화 기반의 지능화 된 유지관리 체계의 정립이다. 이와 같은 최종 목표 달성을 위해서는 이 기반시설 첨단관리 기술개발사업을 시점으로, 향후 보다 적극적인 연구개발의 투자가 이루어져야 할 것이다. 🇰🇷

<그림 6> 기반시설 첨단관리 시스템



<감사의 글>

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원(사업번호 RS-2022-00142566)에 의해 수행되었습니다.

참고자료

1. 국토안전관리원 외(2022). 기반시설 첨단관리 기술개발사업 1차년도 성과보고서.
2. 국토안전관리원(2020). 시설물 통계연보.
3. 한국교통연구원(2019). SOC 노후화 대응을 위한 교통투자 패러다임 및 정책연구.

정책과 기술 01

Digital&Graphic 기술 기반 효율적 고속도로 포장 상태 운영 관리를 위한 제안 : 스마트 포장 관리 통합 플랫폼

문기훈 | 한국도로공사 도로교통연구원 수석연구원

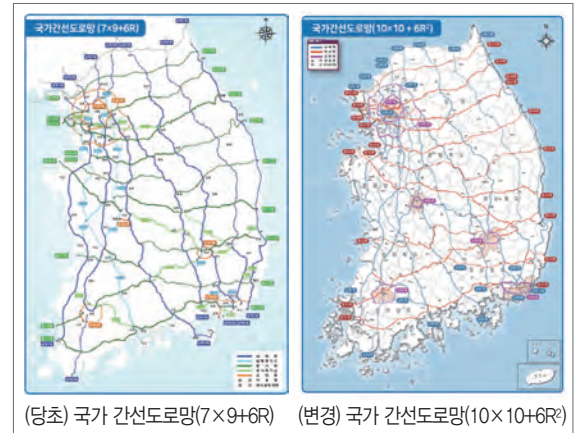
1. 서론

도로가 인류 역사에 가장 중요하게 기여한 분야는 단연 “경제, 산업 및 문화 분야에서의 광범위한 소통”이다. 이 소통은 인류 역사상 모든 삶의 전반에서 오랜 기간 동안 이어졌으며, 이를 통해 인류는 현재 눈부신 문명화를 이룰 수 있었다.

대한민국은 일제 강점기를 거쳐, 6.25 전란 후 모든 산업 기반이 파괴된 아픈 역사를 가지고 있다. 하지만 지금의 대한민국은 세계를 이끄는 주도국으로서 그 역할을 충실히 수행하고 있다. 그리고 이런 대한민국이 과거의 폐허를 딛고 지금의 세계 경제대국으로 발돋움 할 수 있게 한 중심에는 단연 도로가 있다.

대한민국 고속도로는 1970년대 서울과 부산을 잇는 경부고속도로를 시작으로 현재 그 연장이 55개 노선 약 4,939km(한국도로공사 관리: 34개 노선 약 4,107km, 민간 관리: 21개 노선 약 832km)에 달하고 있는 광범위성을 자랑한다.

또한 정부의 제2차 국가도로망 종합계획(’21~’30: 도로법 제 5조에 따른 10년 단위의 도로정책 및 건설 분야 최상위 법정계획)에 따르면 국가 간선도로망(고속도로망)은 7×9+6R에서 10×10+6R²로 큰 폭으로 확장될 예정이다. 참고로 R은 방사형 도로망을 의미하며, R²은 동일 지역에 방사형 도로가 2개 있는



것을 의미한다. 위와 같은 도로정책 변화에 따라 고속도로의 연장은 현재 약 4,939km에서 2030년 약 6,500km로 확장될 예정이다.

과거 1980년대에서 2000년대 초반까지 고속도로공사에서 가장 중요한 키워드는 “신설 및 확장”이었다. 이는 대한민국의 경제성장에 맞추어 그에 상응하는 기반 시설의 구축이 절실히 필요했기 때문이다. 하지만, 2000년대 이후 차량 대수가 지속적으로 증가하고 고속도로의 연장 및 공용 수명이 증가할수록 기존 포장의 노후화에 따른 다양한 하자가 발생하기 시작하였다. 이를 바탕으로 고속도로는 신설과 함께 그 유지관리의 중요성이 대두되기 시작한다. 즉, 국민에게 최고의 도로 서비스를 제공하기 위해 고속도로 신설뿐만 아니라 기존 도로의 유지관리 필요성이 증가하기 시작했다.

고속도로에서 유지관리의 중요성이 부각 된 다른 이유로는 “고속도로 적용 포장 공법의 고급화 및 다양화”이다. 과거 고속도로는 콘크리트 포장의 경우 무근 콘크리트 포장(JCP: Jointed Concrete Pavement), 아스팔트 포장의 경우 일반 밀입도 포장(HMA: Hot Mix Asphalt) 공법이 주로 적용되었다. 하지만 고속도로의 전반적인 품질 수준 제고 및 파손 저감을 위해 한국도로공사는 연구개발 및 현장적용을 통해 다양한 도로포장 재료와 관련 공법을 개발하였다. 대표적으로 쇄석골재 메스틱 포장(Stone Mastic Asphalt), 배수성 포장(Porous asphalt) 및 연속 철근 콘크리트 포장(Continuous Reinforced Concrete Pavement) 등이 그 예이다. 이를 통해 “보다 높은 품질의 품격 있는 고속도로: Providing better and elegant expressway to its people”를 국민에게 제공할 수 있는 기반을 구축하였다.

현재 고속도로에 적용되는 대표적인 공법은 아래 <표 1>과 같다. 또한 <표 1>에서 언급된 포장 공법 외에 다수의 시공 및 보수공법이 고속도로 신설 및 유지관리 현장에 적용되고 있다. 따라서 향후 시공 구간에 대한 지속적인 추적 조사를 통해 다양한 포장재료와 공법의 효용성에 대한 검증이 필요하다. 현재 한국도로공사는 해당 조사 결과를 향후 고속도로 운영 전략(안) 수립 및 의사 결정을 위한 도구로 적극 활용하고 있다.

<표 1> 고속도로 적용 포장 공법

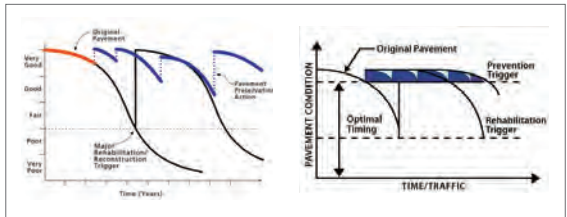
구분	적용공법	비고
콘크리트 포장	• 무근콘크리트 포장(JCP) – Jointed Concrete Pavement	• 철근없음 • 조인트간격 6m
	• 연속철근 콘크리트 포장(CRCP) – Continuous Reinforcement Concrete Pavement	• 조인트 없음 • 철근매설
아스팔트 포장	• 일반 밀입도 포장(HMA) – Hot Mix Asphalt	• 다양한 골재 • 혼합물 밀도기반 • 공극률 4~5%
	• 쇄석골재 메스틱 포장(SMA) – Stone Mastic Asphalt	• 조골재 위주 • 골재 결합력기반 • 공극률 1~3%
	• 배수성 포장(PA) – Porous Asphalt pavement	• 조골재 위주 • 빗길 안전성 • 공극률 16%~
기타 포장	• 특수 아스팔트 포장 중간층 – 복합 포장에 적용 (노후 콘크리트 위 덧씌우기 포장)	• 복합 포장 시공 시 노후 콘크리트 포장 위에 시공

이처럼 고속도로의 효율적 유지관리는 다음의 이유로 인하여 반드시 필요하다. ① 기존 공용 노선의 효율적 관리 및 최적의 개량, 확장 및 보수 계획(안) 수립, ② 새로운 포장재료, 공법 적용에 대한 효과적 및 정량적 검증체계 정립, ③ 향후 고속도로 신설 노선 계획 시 타당성(경제성, 적정성) 검토 자료 활용. 다만, 고속도로 유지관리를 수행하면서 담당 실무자가 가질 수 있는 대표적인 질문은 다음과 같다.

① 고속도로 특정 구간의 파손 여부는 어떤 지표로 측정하며 이와 관련된 포장상태의 양호, 불량 여부를 표현해 주는 지표는 무엇인가? ② 고속도로 포장의 전반적 상태를 나타내주는 정량적 지표(Global standard)는 무엇인가?

이러한 관점에서 2000년대 이후 오늘날 고속도로 및 국도에서 전반적으로 수행되고 있는 포장관리시스템(PMS: Pavement Management System)이 탄생하였다. 이는 현재포장 상태를 파악하여 적절한 시기에 유지보수를 수행하는 것이 공용 수명 경과 후 전면 재포장을 시행하는 것에 비해 경제·운영적 측면에서 효율적이라는 기존 연구 사례를 바탕으로 두고 있다.

〈그림 2〉 Pavement preservation: a proactive approach



(출처: U.S. National Park Service)

2. 고속도로 포장관리 시스템: HPMS(Highway Pavement Management System)

한국도로공사는 고속도로의 효율적인 운영과 유지관리 등 향후 전략 방안을 수립하기 위해 2000년도부터 고속도로 포장관리 시스템(HPMS)을 구축하여 운영하고 있다. HPMS에서 조사하는 주요 항목 및 관련 장비는 다음 〈표 2〉, 〈그림 3〉과 같다.

한국도로공사는 전문 조사기관을 통해 전국 고속도로망을 연 1회 전수조사 후 데이터베이스(DB)를 L=100m 간격으로 정리·표준화·축적하여 도로망의

〈표 2〉 HPMS 조사항목

구분	적용공법	비고
평탄성 (m/km)	• IRI (International Roughness Index) - 포장 표면의 주행관점의 평탄한 정도	• 콘크리트 포장 • 아스팔트 포장
균열 (%)	• SD (Surface Damage) - 단위 면적당 포장 표면 균열정도	• 콘크리트 포장 • 아스팔트 포장
소성변형 (mm)	• RD (Rut Depth) - 포장표면의 하중에 의한 변화(침하)	• 아스팔트 포장
포장상태 지수 (HPCI)	• HPCI: Highway Pavement Condition Index - 포장상태 종합 평가지수(1:양호~7:불량)	• 콘크리트 포장 • 아스팔트 포장

〈그림 3〉 포장상태 조사장비



(출처: 한국도로공사 도로교통연구원)

상태를 분석하고 있다. 이를 통해 최고 상태의 고속도로를 국민에게 제공하기 위해 노력하고 있다. 하지만 고속도로와 달리 국도 이하 도로는 그 연장이 상대적으로 길고(약 110,000km) 조사 장비 투입이 원활하지 않기 때문에 현재까지도 전수조사가 어려운 실정이다. 여기서 염두해야 할 점은 상기의 HPMS 조사에 따른 고용량의 조사 데이터가 매년 생성·축적되고 있다는 점이다(10TB 이상/년). 또한 조사 DB(=Data Base)의 연차별 누적(조사기간: 10년 이상)으로 인하여 현재 수치 위주의 방대한 DB가 지속적으로 축적되어 빅데이터화(Big Data) 되어 있다.

최근 4차산업혁명 기술 중 빅데이터 DB 마이닝 기술은 향후 인공지능(AI) 및 머신러닝 핵심 코드 개발

에 필수적인 기술이며, 그 기술의 중심에 있는 방대한 빅데이터 DB를 어떻게 효율적으로 검색·분석하여 관리하느냐 하는 점이다. 따라서 이러한 기술 추세를 도로분야에 적용한다면, 향후 HPMS는 정확한 고속도로 포장상태 전수조사 활동 외에도 다양한 고속도로 관련 정책 수립을 위해 조사 및 축적된 빅데이터 HPMS DB를 효율적으로 검색하고 활용하는 것이 그 어느 때보다 중요하다.

3. 빅데이터의 시각화: Infographics

현재 HPMS 관리 및 운영에 있어서 이슈가 되는 사항은 수치 위주의 빅데이터 DB의 “사용자 관점의 직관적 이해 및 신속한 검색”이다. 과거 HPMS DB는 수치 위주의 책자로 제공되었다. 이와 관련하여 포장의 시공, 확장, 유지관리 공사를 최전선에서 담당하는 한국도로공사 실무진은 〈표 3〉과 같이 HPMS 업무 개선사항을 도로처 및 도로교통연구원에 지속적으로 요청하였다.

이에 도로교통연구원은 대한민국 고속도로 설계, 시공 및 유지관리 효율성 극대화를 목적으로 2017년부터 “스마트 포장관리 통합 플랫폼”을 기획 및 개발하였다. 현재 Microsoft Windows기반(PC 버전) 및 Android/iOS기반(모바일 버전)이 동시에 개발되고 있으며, 2023년 최종 시제품의 완성과 함께 실무진에 배포되어 2024년부터 HPMS DB 관리 및 관련 응용 업무에 적극적으로 활용될 예정이다. 이를 통해 궁극적으로 대한민국 고속도로 유지관리 및 정책(안) 구축에 한 단계 더 높은 업무성과를 창출하여 보다 품격 있는 고속도로를 국민에게 제공할 예정이다.

〈표 3〉 HPMS 개선 관련 실무진 요청사항

구분	적용공법
요청사항 ①	• 본부(지사)별 포장관리 현황에 대한 전반적 조회관리 - 관리 노선의 연장, 포장 형식 적용 비율 조회 - 특정 구간의 포장 건전도 조회 불가 - 연차별 조회 시스템 추가 필요
요청사항 ②	• 이용자 니즈에 부합하는 조사자료 반영 등 개방성 미흡 - 응력완화 줄눈 설치, 알칼리-골재반응구간 조사 및 배수성 포장 현황 등 - 향후 사용자 요청 신규 포장조사 DB의 신속한 반영을 통한 개방적 시스템 구축 필요
요청사항 ③	• 사용자 중심의 쉽고, 빠르고 직관적인 조회환경 기존 인트라넷망내 제한적 HPMS DB조회 시스템 개선 Wi-Fi기반 PC(Windows) 기반 5G, LTE 기반 모바일 (Android, iOS)기반 시스템
요청사항 ④	• 오류, 누락 및 중복 DB의 효율적 발견, 수정 및 관리 기존 수치 및 책자 위주의 조회환경을 통한 고속도로 전수 조사DB 검토 곤란 개선 수치의 효율적 그래픽 환경기반 조회 시스템 구축을 통한 고속도로 조사 대상구간의 효과적인 오류, 누락 및 중복 DB 발견 및 운영체계 구축

4. 한국도로공사 고속도로 통합관리 플랫폼

한국도로공사에서 기획 및 개발한 고속도로 통합관리 플랫폼은 기본적으로 “수치위주 빅데이터 DB의 직관적 시각화(Visualization)”이다. 이는 업무 관련 정보를 시각화하여 사용자가 원하는 정보를 실용적, 직관적으로 높은 이해도를 바탕으로 전달하는 인포그래픽(Infographics)의 개념에 기반하고 있다. 〈그림 4〉는 인포그래픽을 통한 정보 전달의 효율성을 제고한 예를 보여주고 있다.

방대한 고속도로 HPMS DB는 매우 중요한 자료이다. 특히, Infographics 작업을 통해 현재 수치 위주의 자료를 보다 가치 있게 재창출 할 수 있다. ① 내용의 빠른 이해 및 기억력 제고 ② 통계·연구 또는 조사 자료의 시각화를 통한 복잡한 내용의 용이한 설명 ③ 복잡한 보고 내용의 단순화 및 다양한 옵션의 비교·

〈그림 4〉 Infographics의 예



(출처: RGD, Company biographic)

대조 가능 ④ 조사 및 연구 결과의 분석 및 문제점, 개선사항 도출 용이 등.

한국도로공사는 상기의 Infographics의 장점을 응용하여 4년의 연구개발 과정을 거쳐 상용화 프로그램 Tableau 기반 “사용자 중심 스마트 포장관리 통합 플랫폼”을 개발하였다. 모든 DB는 도로포장 전문 조사 기관에서 매년 시행하는 고속도로 전수조사 데이터(L=4,500km/1차로)를 활용하였으며, 도로의 지형정보는 100m 간격으로 좌표가 있는 GPS데이터를 기반으로 작성하였다. 〈표 4〉는 스마트 포장관리 통합 플랫폼 관련 지향점 및 최종 개발 목표를 보여주고 있다.

〈표 4〉 스마트 포장관리 플랫폼 개발 지향점

지향점	주요내용
통합성	• 포장조사자료 통합을 통한 검색 분산화 한계 보완 예) 노선정보, 연장, HPMS DB, 파손 현황 등의 통합조회기능
신속성	• One click 조회체계 구축을 통한 업무 능률성 향상 예) 프로그램 → 파일실행 → 검색 및 분석환경 구축
직관성	• 수직 위주 DB의 그래픽, 도표 위주의 표현 예) Infographics 구현을 통한 사용자 이해도 극대화
개방성	• 신규 포장 조사자료의 플랫폼내 손쉬운 반영 예) 다양한 자료의 플랫폼내 추가 반영을 통한 Easy add-on
이동성	• 즉각적 현장 조회 및 조치 사항 반영을 통한공국의 Active mobility 실현 예) 스마트폰, 태블릿을 활용한 업무 Mobility 혁신성 실현

효율적 빅데이터 DB의 시각화를 위해 우선적으로 수행되어야 할 사항은 저장량 통합 DB file을 구축하는 일이다. 이에 한국도로공사는 스마트 포장관리 플랫폼 시제품 개발의 메인 플랫폼으로 상용 그래픽 비주얼 프로그램 Tableau를 선정했다. 그래픽 비주얼 프로그램 Tableau를 최종적으로 선택한 사유는 다음과 같다.

- ① 컴퓨터의 CPU 요구사항이 상대적으로 낮으며(7세대 Intel i5 이상 및 RAM 8GB 이상 등) *.twgtx file compression logic에 의거 10년 정도의 고속도로 포장상태 조사 DB의 원본 대비 1%의 압축화가 가능하기 때문이다(PC 버전 : 1.0GB → Tableau file : 100MB).
- ② PC저장장치의발전(HDD→2.5인치 SSD→NVMe SSD)에 힘입어 보다 신속한 자료 조회 및 분석환경 제공이 가능하다.
- ③ PC 및 모바일 기기(스마트폰, 태블릿)에 사용 가능한 어플리케이션이 있어서 진정한 포장 관리 업무의 Active mobility*를 현실화 할 수 있다.

* PC버전: 무료 Reader program 다운로드
모바일버전 : ID/PS 라이선스 부여 방식

〈그림 5〉는 통합 DB 구축의 기본 개념을 개략적으로 묘사한 내용이다. 최초 스마트 포장관리 통합 플랫폼을 개발하는 과정에서 고려한 DB는 고속도로 현황 및 HPMS 조사 빅데이터 DB 두 종류였다. 하지만, 개발 및 시연을 거치면서 포장분야 실무진이 요청하는 다양한 조사 DB가 추가되었다. 현재 개발 중인 스마트 포장관리 통합 플랫폼은 Microsoft Excel과 유사한 DB Sheet expression 형태를 지니고 있다. 즉 추가하고 싶은 DB가 있다면, 기본 데이터를 바탕으로 GUI(Graphic User Interface) 작업을 완료 뒤 기

존 개발 완료된 DB Sheet 옆에 간단히 추가하면 되는 방식이다.

〈표 5〉 스마트 포장관리 플랫폼 보유DB 및 시각화(Visualization) 목록

① 고속도로 포장현황('14~'23, 10년) - 노선명 및 번호 (본부/노선별) - 포장 형식 및 종류 • 아스팔트 포장(밀입도, SMA, 배수성 등) • 콘크리트 포장(밀반죽, 연속철근 등)	② 보수공법 현황 ('02~'23,22년) - 보수공법 • 일반/절삭덱씰우기, 단면보수, 균열실링, 그라인딩 등 - 보수일자, 보수재료, 투입 공사비 등
③ 고속도로 포장상태('14~'23, 10년) - 고속도로 포장상태 지수(HPCI, 1~7등급) - IRI(m/km), RD(mm), SD(%)	④ 전국 교량 및 터널 현황 - 전국 교량, 터널 위치 및 분포현황 - 본부(지사) 및 노선별 검색가능
⑤ 교통량 및 제설재 사용량 현황 - 노선별 교통량 분포현황 - 노선별 제설재 사용량 분포현황	⑥ 응력완화줄눈 설치현황 ('18~'20) - 본부(및 지사)별 설치현황(갯수, 위치) - 성능 추적조사 결과 (온도, 줄눈폭 변동)
⑦ 일킬리-골재 등급 조사 ('18~'22) - 본부(및 지사)별 발생 현황 - 등급별 발생 현황(1~4등급, 보수완료 등)	⑧ 배수성포장 현황 ('04~'20) - 전국 시험시공 현황 (재료,단면,연도 등) - 성능 평가 결과 (투수,조도,소음 등)

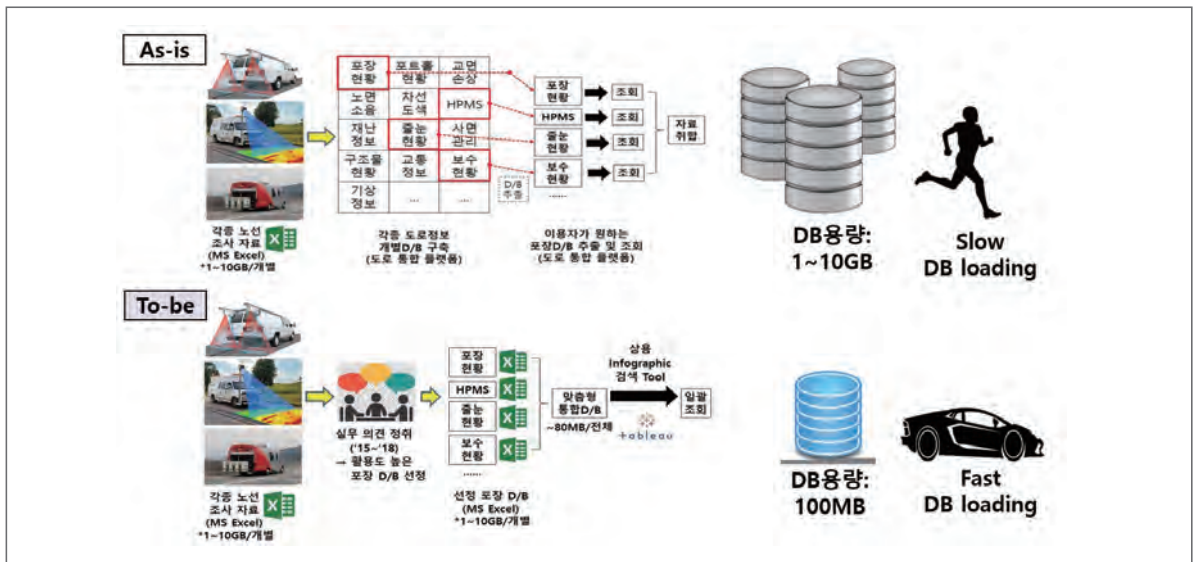
〈표 5〉는 현재 개발 되고 있는 스마트 포장관리 통합 플랫폼에서 시각화하고 있는 각종 포장관련 DB 목록을 보여준다.

〈그림 6, 7, 8〉은 개발 완료 및 진행 중인 “한국도로공사 스마트 포장관리 플랫폼” 개발 화면을 보여준다. 현재 PC 버전은 개발이 완료된 상태이며, 모바일 버전은 PC 버전 그래픽의 단순화(Migration) 및 중앙서버 구축 및 시험 운영 등이 진행되고 있는 상황이다. 2023년 시제품 개발 완료를 목표로 하고 있으며, 2024년부터 한국도로공사 전 직원에게 배포하여 사용될 예정이다.

현재 PC버전은 *.twdx file의 제작 및 배포를 통해서 오프라인으로 운영되고 있으며, 모바일 버전은 중앙서버 중심으로 온라인 접속 방식으로 시험 운영되고 있다. 앞서 언급한 것처럼 2023년 최종 시제품 개발까지 그 완성도를 높여 2024년부터 본격적으로 시험 운영 및 개방 성과물 고도화를 실시할 예정이다.

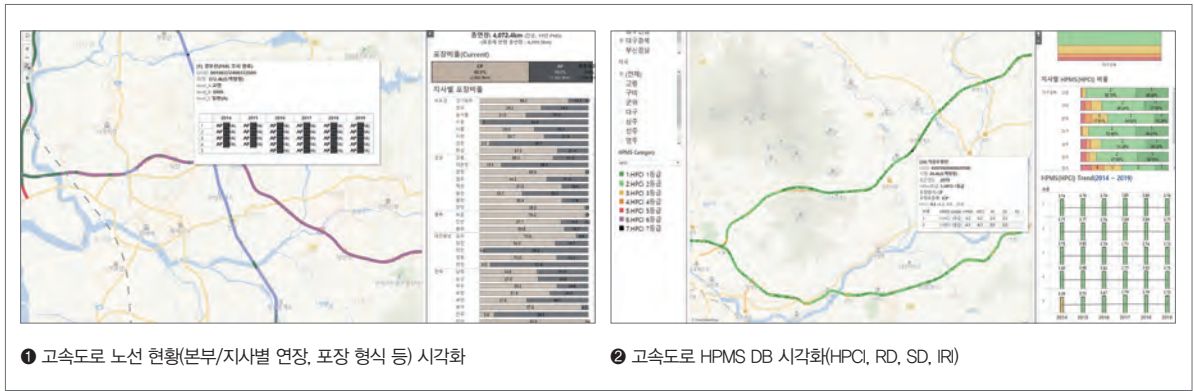
〈그림 5〉 스마트 포장관리 통합 플랫폼 DB 파일 제작 개념도

(출처: 도로교통연구원)



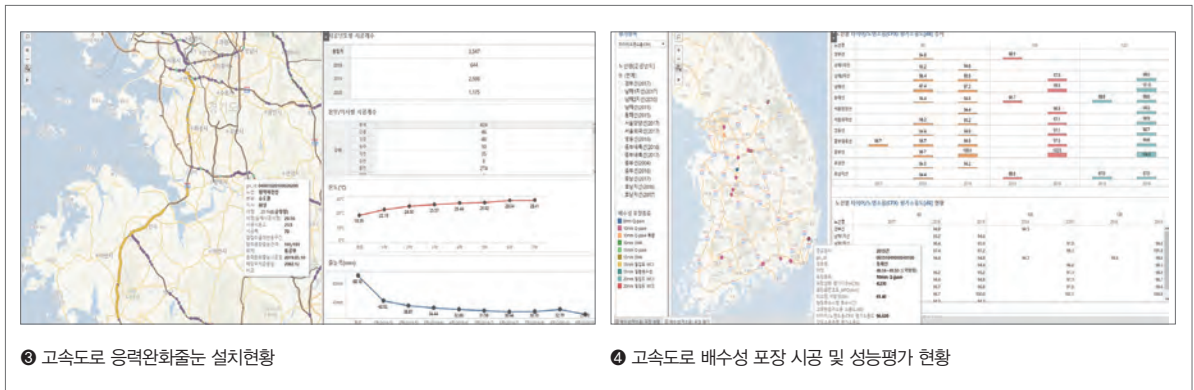
〈그림 6〉고속도로 스마트 포장관리 통합 플랫폼 개발하면 (PC, Windows)

(출처: 한국도로공사 도로교통연구원)



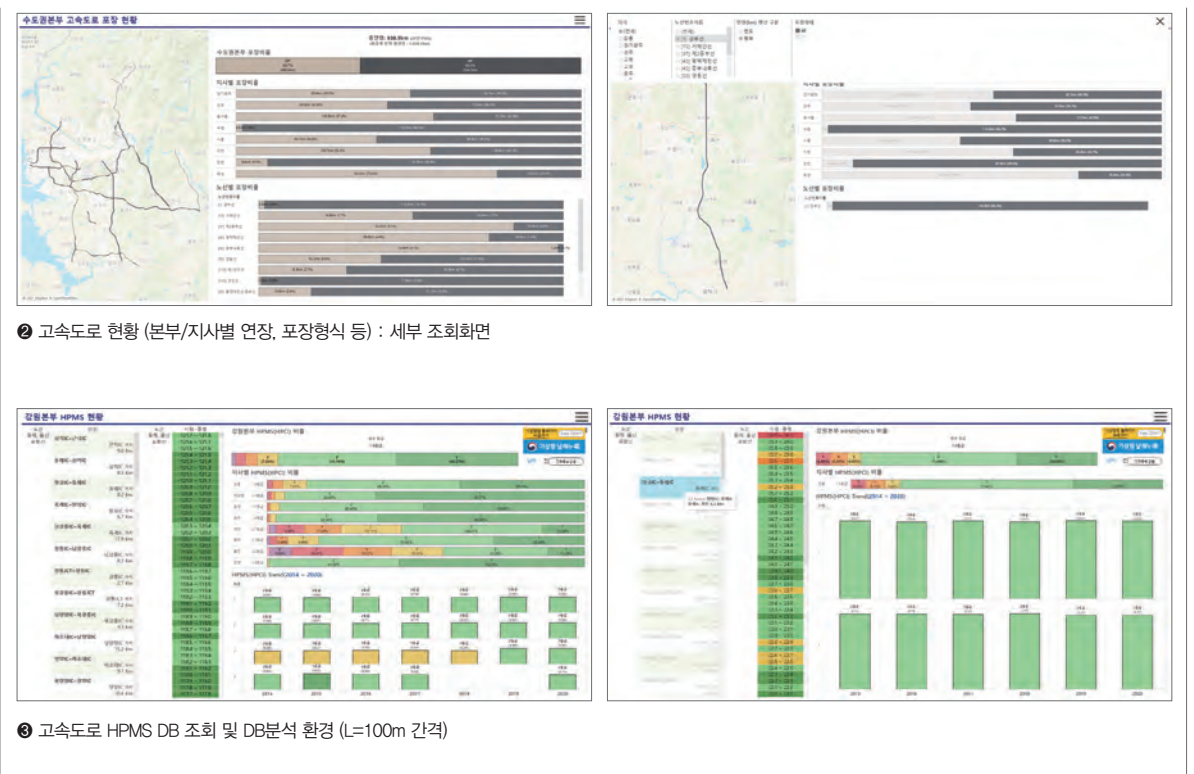
〈그림 7〉고속도로 스마트 포장관리 통합 플랫폼 개발하면 (PC, Windows)

(출처: 한국도로공사 도로교통연구원)



〈그림 8〉고속도로 스마트 포장관리 통합 플랫폼 개발하면 (모바일, Android/IOS)

(출처: 한국도로공사 도로교통연구원)



이를 통해 한국도로공사는 고속도로 포장관리의 진정한 One-click active mobility를 실현할 수 있을 것이다.

5. 시사점

고속도로는 과거 대비 유지관리의 중요성이 크게 부각되는 상황이며, 효율적 유지관리 업무의 수행을 위해서는 HPMS 빅데이터 DB의 정확한 조회와 분석이 반드시 필요하다. 이런 대용량 빅데이터 DB를 효율적이고 능동적으로 다루기 위해서 시각화, 즉 수치의 인포그래픽화(Infographics)는 매우 효과적인 수단이다. 현재 한국도로공사에서 개발 중인 고속도로 스마트 포장관리 통합 플랫폼은 디지털 트윈 기반의 미래 지향적 고속도로 포장조사 DB 운영의 한 방향성을 보여

주는 가시적 성과이다. 한국도로공사 도로교통연구원은 앞으로도 개발된 및 실무진과 지속적인 소통을 통해 디지털 고속도로를 실현하여 국민에게 보다 편안하고 안전하며 품격 있는 도로를 제공하도록 노력하겠다.

참고문헌

1. 김영훈, 디지털 트윈 어떻게 전개될 것인가?, 포스코 경영연구원, 2018.
2. 변성현, 디지털 트윈과 세물레이터, 전기의 세계, 2018
3. Moradi, Maryam, and Gabriel J. Assaf, "Building an Augmented Reality Experience on Top of a Smart Pavement Management System," Buildings 12.11 (2022): 1915.
4. Shon, Heesung, et al, "Autonomous condition monitoring-based pavement management system," Automation in Construction 138 (2022): 104222.
5. Gharieb, M., Nishikawa, T., Nakamura, S., & Thepvongsa, K. (2022). Modeling of pavement roughness utilizing artificial neural network approach for Laos national road network. Journal of Civil Engineering and Management, 28(4), 261-277.
6. Jaleniauskiene, E., & Kasperuniene, J. (2022). Infographics in higher education: A scoping review, E-Learning and Digital Media, 20427530221107774.

정책과 기술 02

기반시설 첨단관리 기술개발

: 외부텐던 손상탐지를 위한 전자기 기반 비파괴검사 센서

박광연 | 한국건설기술연구원 수석연구원

1. 서론

국내외를 막론하고 문명화(Civilization)가 진행된 국가는 토목공학(Civil engineering)기술의 정수가 담겨있는 각종 교량이 다수 건설되어 물류와 승객이 강과 골짜기를 빠르게 건너갈 수 있게 한다. 대한민국 역시 문명화 된 국가답게 많은 교량이 건설되어 강을 쉽게 건너 하나의 도시로 묶고, 산간지역의 불리함을 극복해 접근성을 크게 키웠으며, 섬과 육지를 연결해 섬을 육지화 하는 등 많은 역할을 하고 있다. 이러한 교량의 38%는 Pre-Stressed Concrete(PSC) 구조를 사용해 지어진 것으로 조사되었으며, 대한민국의 경제가 급격하게 성장한 1980 ~ 90년대부터 많은 수의 교량이 지어졌음을 고려하면 30년 이상된 노후 PSC구조의 안전진단 기술 개발이 시급하다는 것을 알 수 있다.

PSC구조는 이름에서 알 수 있듯 Pre-Stressing tendon(PS텐던)이 가장 중요한 역할을 하고 있으며, 크게 외부PS텐던과 내부PS텐던 두 가지로 분류할 수 있다. 이중 외부PS텐던은 2016년 서울시 내부순환로 정릉천교의 외부

PS텐던 부식사고로 인한 막대한 경제적, 사회적 손실을 발생시킨 사례가 있어 안전진단의 필요성에 대한 경각심을 전 국민에게 일깨워 주었다.

2. 외부PS텐던 비파괴검사기술의 현주소

한국건설기술연구원(이하 건설연)에서는 정릉천 고가교 사례를 계기로 외부PS텐던의 건전성을 평가할 수 있는 기술을 조사하기 위해 국내외 비파괴검사 기술을 대상으로 KICT Blind Test(2016)를 실시했다. 외부PS텐던의 건전성은 단면손상, 응력, 공극 등 3가지 지표를 활용해 확인할 수 있는데, 응력은 국내외를 막론하고 관련 기술을 가지고 있는 곳이 없었고, 공극은 한 프랑스 기업(Advitam)만 응모해 73% 정도의 탐지율을 보여 주었다. 세 개 지표 중 단면손상이 가장 중요하고 직접적인 지표라 할 수 있는데, 관련된 비파괴기술에 지원한 10여 개 국내외 기업 중 일본의 Tokyo-Rope와 러시아의 Instron 두 개 기업만이 유효한 결과를 보여주었고, 국내 기업은 유효한 결과를 내지 못하였다. 유효한 결과를 보

〈그림 1〉 정릉천교 외부텐던 부식사건 관련 사진들: 왼쪽부터 정릉천교가 교통통제로 인한 교통체증, 외부텐던이 부식된 사진, 정릉천교가 내부에 배치된 외부텐던, 정릉천교가 부식사건 관련 보도



여준 두 개의 기업도 기술 비용, 사용성, 장비의 크기 및 무게 등을 개선하지 못하면 현장적용에 무리가 있을 것으로 판단하였다.

3. '기반시설 첨단관리 기술 개발' 연구단의 비파괴검사 전자기센서 개발

이러한 이유로 건설연은 국토안전관리원에서 주관하고 있는 '기반시설 첨단관리 기술개발' 연구단의 한 세부를 맡아 외부PS텐던을 비파괴검사해 파단이나 부식으로부터 유발된 단면감소를 검사하고 응력 상태를 확인할 수 있는 비파괴검사장비를 개발하고 있다. 건설연은 2019년부터 3년간 수행된 'PSC 구조물 비파괴평가기술(PSC 청진기) 개발' 과제에서 비파괴검사 센서의 개발 방향을 잡은 것을 시작으로, 연구를 확장해 외부PS텐던, 사장교 케이블, 출렁다리 케이블 등을 비파괴검사할 수 있는 기술을 동시에 개발하고 있다. 이 중 '기반시설 첨단관리 기술개발' 연구단은 외부PS텐던을 대상으로 하는 비

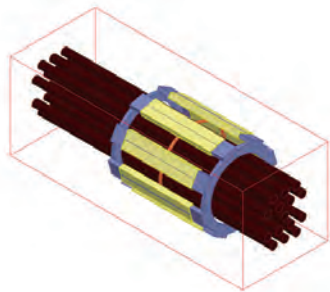
파괴검사 장비 개발을 담당한다. 단면손상과 응력은 금속으로 만들어진 외부PS텐던의 자기특성을 이용해 측정하는데, 여기서는 외부PS텐던의 건전성을 평가하는데 가장 중요한 지표인 단면손상을 비파괴검사 하는 기술을 간단히 소개하도록 하겠다.

4. 외부 PS텐던 비파괴검사 전자기센서의 기본 개념

〈그림 2〉는 개발된 전자기센서가 외부PS텐던에 설치된 개념도를 보여준다. 외부PS텐던(적갈색)은 실제로 덕트와 그라우트로 포장되어 있지만, 덕트와 그라우트의 자기적 성질은 공기(혹은 진공)와 거의 같기 때문에 없는 것으로 가정할 수 있다. 전자기센서는 크게 1차코일(노란색), 2차코일(주황색), 고정틀(보라색) 3개 부분으로 이루어져 있다. 고정틀은 자기장에 반응하지 않는 플라스틱으로 만들어져 있다. 1차코일은 일종의 전자석으로 전기를 흘려 센서 내부에 자기장을 형성하는데, 발생된 자기장의 크기는 센서 내부를 관통하는 금속성분인 외부

PS텐던의 단면적에 대한 함수이다. 2차코일은 외부PS텐던을 수회 감싸도록 감겨있는데, 1차코일에 가해지는 전류에 변화를 주어 센서 내부의 자기장에 변화를 주면 2차코일에 자기장 변화량에 비례하는 유도전류가 발생한다. 이러한 원리를 이용해 1차코일에 일정한 진폭을 갖는 sine파 형상의 교류전기를 흘리면, 2차코일에는 외부PS텐던의 단면적 크기와 양의 상관관계를 갖는 진폭의 교류전기가 유도된다. 유도된 교류전기의 진폭을 분석하면 외부PS텐던의 단면적을 추정할 수 있다. 외부PS텐던이 파단되거나 녹슨 경우(산화철은 자기장에 반응하지 않는다) 금속성분을 가진 부분의 단면적이 감소하므로, 단면감소로부터 부식과 파단을 추정하는 것이 가능하다.

〈그림 2〉전자기센서의 개념도



5. 현장 작업에 최적화된 센서의 개발

〈그림 2〉를 보면 알 수 있듯, 이러한 원리를 이용한 센서는 외부PS텐던을 감싸는 폐쇄회로 형태를 갖추어야 한다. 글의 앞에서 소개한 일본의 Tokyo-Rope와 러시아의 Instron도 위에서 소개한 개념과 기본적인 아이디어는 공유한다(물론 세부 내용을 뜯어보면 꽤나 다르다). 하지만 일본과 러시아의 기술은 외부PS텐던을 감싸는 폐쇄회로를 만들기 위해 〈그림 3〉과 같이 현장에서 권선 작업 혹은 그에 준하는 작업을 해야 하며, 이는 상당한 시간을 소요하기 때문에 작업성이 떨어진다. 또한 센서의 상태가 설치할 때마다 바뀌기 때문에 센서의 신뢰도가 떨어지며 센서 부품을 모두 따로 들고 이동해야하기 때

문에 비좁은 교량 내부 통로에서 작업하기에 불리하다.

〈그림 3〉현장 권선작업 전경



〈그림 4〉전자기 센서의 분리/조립 된 모습 (실물사진)



반면, 건설연에서 개발한 전자기센서는 〈그림 4〉와 같이 2개로 분리되어 있어 조금만 숙달되면 1~2분 이내에 설치 가능하고, 주요 접합부를 신뢰도 높은 기성 커넥터로 구성해 아무리 반복 설치해도 센서의 신뢰도가 감소하지 않게 했다. 무게도 총 5kg 수준으로 사람이 들고 다니기에 무리가 없는 무게이다. 이 센서를 〈그림 5〉와 같이 설치하고 외부PS텐던을 따라 적당한 속도로 스캔하면 해당 구간을 비파괴 검사하여 단면적의 변화를 확인할 수 있다.

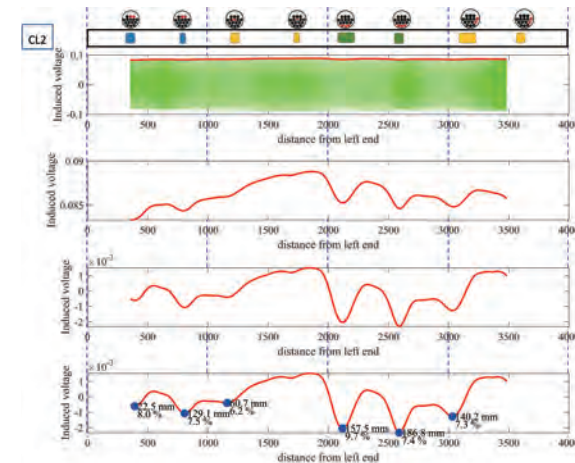
〈그림 5〉현장 시범 적용 모습 (정릉천교 P20)



6. 신호처리 및 인공지능을 이용한 의사결정 기술

〈그림 6〉은 개발된 비파괴장비를 테스트하기 위해 만든 실험체에 적용한 결과이다. 그림 상단에 손상을 모사한 단면적과 손상구간이 도식화되어 있다. 〈그림 5〉와 같은 과정으로 측정 한 결과는 〈그림 6〉의 초록색 선과 같이 나타나는데, 진폭 변화가 미미해 육안으로 구분하기 어렵다. 마그네틱 센서로부터 측정한 결과 분석을 돕기 위해 측정한 신호에 진폭복조 등 몇 단계의 신호처리를 거치면 〈그림 6〉의 빨간색 선과 같은 결과를 얻을 수 있다.

〈그림 6〉측정된 원시데이터(초록색)와 신호처리 결과(빨간색)



빨간색 선에서는 PS텐던의 손상에 따른 변화가 확연히 구분되는 것을 볼 수 있다(파란색 점). 하지만 이러한 변화가 손상에 의한 변화인지 혹은 잡음인지를 구분하기 위해서는 많은 경험이 필요하다. 이를 해결하기 위해 얇은 신경망을 이용해 측정 구간에 손상이 존재하는지 여부를 판별하는 인공지능을 개발하고 있다. 이를 위해 〈그림 7〉과 같은 다수의 시편을 제작해 인공지능을 학습하는데 사용한다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원, 2022, '전자기를 이용한 텐던 손상탐지 기술개선 보고서', 기반시설 첨단관리 기술개발 연구단, 보고서 원문.
2. 조창빈 등, 2021, 'PSC 구조물 비파괴평가기술(PSC 청진기) 개발', 건설연, KICT 2021-083.

〈그림 7〉인공지능 학습을 위한 시편들



7. 맺음말

건설연은 '기반시설 첨단관리 기술개발' 연구단의 일원으로 PSC구조물의 주요 요소인 외부PS텐던을 비파괴 검사하는 기술을 개발해 2016년 정릉천고가교와 같은 상황이 다시 반복되는 것을 막고자 노력하고 있다.

특히, 자기장원리를 응용해 금속성분으로 이루어진 단면적을 비파괴검사하는 원리를 이용하고 있으며, 외부PS텐던의 파단과 부식을 사전에 감지해 PSC구조물을 사전에 보수보강 할 수 있게 하는 기술이다. 단순히 센서를 개발하는 것뿐 아니라 센서의 사용성을 개선하고 측정된 신호에 신호처리 과정과 인공지능을 적용해 의사결정을 돕는 기술도 함께 개발하고 있다. 또한 같은 원리로 사장교나 출렁다리의 케이블을 비파괴검사는 기술도 동시에 개발하고 있다. 궁극적으로 본 원고에서 소개한 기술을 완성하여 교량의 선제적 유지보수를 통해 막대한 경제적·사회적 손실을 막는 데 일조할 수 있도록 노력할 것이다. 

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음. (과제번호 RS-2022-00142566)

숫자와 그림으로 보는 터널이야기

- 제5강 도심지 터널 붕괴사고 -

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

본 고에서는 국내외에서 발생한 터널붕락 사고사례를 중심으로 터널사고 발생원인 분석과 메커니즘, 주요 리스크와 이에 대한 대책 그리고 사고현장에 대한 응급 복구 및 보강대책 등을 중심으로 기술하고자 한다. 터널공사에서 발생 가능한 지오리스크와 이로 인한 터널 붕락 및 붕괴 특성을 면밀히 검토하여, 터널사고로부터 얻을 수 있었던 여러 가지 교훈과 사고 이후 개선되거나 달라진 공사체계와 시스템 등에 대하여 기술하였다.

1. 영국 히드로 급행철도 터널 붕락사고와 교훈

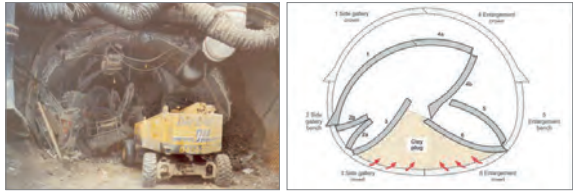
히드로 급행철도(Heathrow Express, HEX) 터널 프로젝트는 히드로 공항과 런던 중심부에 있는 패딩턴 역을 연결하는 프로젝트로서, 프로젝트 관리는 처음부터 여러 가지 어려움에 직면했으며, 그 중에는 제한된 예산문제, 경직되고 복잡한 조직, 제대로 이해되지 않은 NATM 공법과 관련된 기술적 문제가 있었다.

이러한 결과로 직접적으로 취해진 몇 가지 결정은 전체 프로젝트를 위태롭게 했고, 1994년 10월 21일 밤에 터널 붕괴 사고가 발생하게 되었다.

[그림 1] 영국 히드로 급행철도(HEX) 터널 붕락사고(영국,1994)



[그림 2] 터널 붕락 및 붕락 메커니즘



■ 새로운 기술의 적용과 시행착오

NATM 터널공법은 오스트리아에서 개발되어 광범위하게 적용되었으며, 이후 영국에서 대형 도심지 터널공사인 히드로 공항철도 터널에 처음으로 적용되었다. 이러한 이유로 NATM 공법 도입초기에 설계 및 시공상 많은 시행착오를 거듭하였고, 특히 런던 점토층(London Clay)과 같은 연약지반에 대한 기술 노하우와 경험이 적어 발주처 및 시공사의 시공상의 잘못이나 관리상의 문제가 발생하여 심각한 붕괴사고를 초래하였다.

■ 터널붕락 사고 원인과 메커니즘

본 터널의 붕락사고의 원인은 런던 점토층의 지반공학적 특성을 고려하지 않은 설계와 NATM 공법의 특성을 이해하지 못한 시공상의 결함으로 발생한 것으로 파악되었다. 즉 연약 점토층에서의 수직구와 3개의 터널을 동시에 시공하고, 바닥 인버트(Invert)를 평편하게 하여 링폐합 구조(Ring Closure)를 제대로 형성하지 못하고, 건물하부공간에서의 무리한 잭그라우팅으로 인해 터널에 심각한 영향을 미쳐 지속적인 터널변형과 숏크리트 라이닝의 손상으로 인하여 터널 붕괴가 발생하게 되었다.

■ 터널사고 방지에 대한 해결책

본 터널사고가 발생한 직후 발주처에서는 솔루션팀을 구성하여 터널복구방안을 수립하고 주요 대책을 제시하였다. 기술 솔루션으로 붕괴구간에 코퍼댐(coffer dam)을 시공하여 복구공사를 수행하도록 하였으며, 조직 솔루션으로는 공사비 위주에서 품질과 안전가치를 중심으로 공사목표를 조정하도록 개선하였다. 또한 정보 흐름구조를 만들어 공사담당자와 책임자에 대한 통지와 공사에 대한 이해를 증진하도록 하고, 의사결정과정에서 모든 공사담당자들이 참여하고 의사소통을 개선하도록 하였다. 아울러 터널공사에서의 안전과 리스크 평가를 시행하도록 하여 리스크 관리를 보수적으로 진행하도록 하였다.

■ 터널붕괴 사고와 교훈

본 터널사고는 그 당시 영국에서 진행되어 왔던 발주자 및 시공자와의 계약관계, 프로젝트 관리방식 및 발주시스템에 대한 제반 문제점을 확인할 수 있는 좋은 계기가 되었다. 특히 영국 HSE 위원회와 영국토목학회(ICE) 및 영국터널학회(BTA)를 중심으로 심도 깊은 논의와 연구를 진행하여 [NATM 터널에서의 안전시공] 및 [지하터널공사에서의 리스크 관리] 등의 보고서를 발간하여 지하터널공사에서의 공사관리시스템을 혁신적으로 개선시키고 발전하게 되었다.

[표 1] 국내외 주요 도심지 터널 붕괴 사고 사례

내 용		공 법
1	영국 Heathrow 급행철도 터널 붕락사고와 교훈	NATM 터널
2	싱가포르 MRT Nicoll Highway 사고와 교훈	수직구/개착터널
3	타이완 가오슝 MRT 터널 사고와 교훈	TBM 터널
4	도쿄 대단면 TBM 터널 지반함몰 사고와 교훈	TBM 터널
5	후쿠오카 지하철 대단면 NATM 터널 붕락사고와 교훈	NATM 터널
6	상하이 메트로 TBM 하저터널 붕락사고와 교훈	TBM 터널
7	호주 Forestfield 공항철도 TBM 터널 사고와 교훈	TBM 터널
8	독일 Rastatt TBM 철도터널 붕락 사고와 교훈	NATM 터널
9	캐나다 오타와 LRT 터널 붕락 및 싱크홀 사고와 교훈	NATM 터널
10	브라질 상파울루 메트로 NATM 터널 붕락 사고와 교훈	NATM 터널
11	국내 도심지 터널붕락 및 싱크홀 사고와 교훈	TBM / NATM 터널

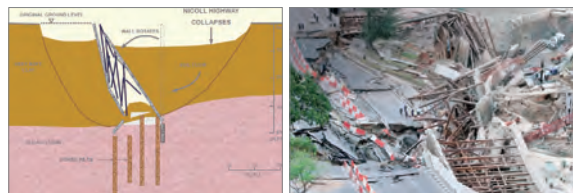
2. 싱가포르 MRT 니콜 하이웨이 붕락사고와 교훈

2004년 4월 20일 오후 3시 30분경 싱가포르 MRT 공사 중 니콜 하이웨이(Nicoll Highway)가 붕괴되는 사고 발생했다. 본 사고는 싱가포르의 건설 산업에 깊은 영향을 미쳤다. 이 사고를 통해 깊은 굴착공사를 할 수 있는 자격을 갖춘 지반 기술자를 임명하고 임시공사에 대한 권한 제출을 요구하는 등 규제가 강화되었다. 이 붕괴사고로 4명이 사망하고 3명이 부상당했다. 프로젝트 몇몇 당사자들이 법정에서 기소되었고, 프로젝트 완료가 지연되었다.

[그림 3] 니콜 하이웨이 붕락사고(싱가포르, 2004)



[그림 4] 니콜 하이웨이 붕락사고 메카니즘



■ 지반공학에서 해석오류와 설계

연약지반 중에 구축되는 흙막이 가시설 설계에서 연약 점토에 대한 합리적인 지반물성 산정과 평가는 매우 중요한 것으로, 해석상에 잘못된 평가나 오류는 과소설계를 가져오게 되어 결과적으로 붕괴사고에 대한 기본적인 원인을 제공한 사례이다.

특히 지반기술자는 지반설계시 해석결과에 대한 지나친 과신을 가져서는 안 되고, 지반물성적용 및 해석 프로세스와 결과 분석에 상당한 주의를 가져야 한다.

■ 계측 모니터링과 시공관리의 중요성

본 붕괴사고의 경우 시공 중 다양한 계측데이터로부터 과도한 지반거동, 심각한 벽체변형 등을 감지할 수 있었으며, 이에 대한 합리적인 역해석 등을 통하여 설계 및 시공상의 문제점을 확인하여 붕괴사고를 방지할 수 있었을 것이다. 하지만 시공자의 공사비 및 공기를 우선시 하는 관행과 지반관련 전문가가 현장에 없어 지반공학적 문제에 대한 부실평가 그리고 자격이 없는 계측담당자에 의해 수행된 계측결과와 무시 등으로 붕괴사고까지 이르게 되었다.

■ 사고 방지에 대한 해결책

본 붕괴사고가 발생한 직후 발주처에서는 사고조사위원회를 구성하여 입찰, 설계 및 시공에 대한 전 과정에 대한 철저한 조사로 주요 사고 원인을 규명하고, 재발 방지 대책을 제시하였다. 기술적으로 붕괴구간을 되메워 완전 복구하여 고속도로가 가능한 빨리 운행토록하고, MRT를 변경하여 신설하는 방안을 수립하였다. 또한 건설시스템으로는 공사비/공기 위주에서 품질과 안전을 중심으로 공사목표로 조정하고, 관련 제도와 정책을 정비하여 모든 지하공사에서의 안전 리스크 관리를 의무화하고, 설계변경 절차를 엄격히 제한하도록 하였으며, 시공 중 전문가가 현장에 상주하여 공사를 관리하도록 하였다.

■ 붕괴 사고와 교훈

본 붕괴사고는 그 당시 싱가포르에서 진행되어 왔던 발주자 및 시공자와의 계약관계, 프로젝트 관리방식 및 발주시스템에 대한 제반 문제점을 확인할 수 있는 확실한 계기가 되었다. 특히 싱가포르 사고조사위원회(COE)와 육상교통부(LTA) 및 노동부(MOM) 등을 중심으로 심도 깊은 논의와 연구를 진행하여 [건설공사에서의 통합안전관리시스템 TSMS, Total Safety Management System] 및 [PSR 프로세스, Project Safety Review], [DiS 제도, Design for Safety] 등을 제정하여 지하공사에서 공사관리시스템을 혁신적으로 개선시키고 발전하게 되었다.

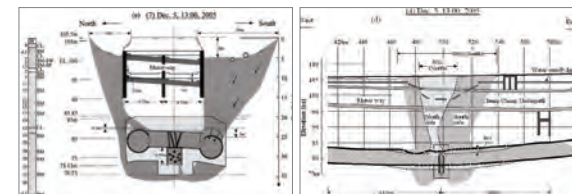
3. 타이완 가오슝 MRT 터널 붕락사고와 교훈

2005년 12월 4일 오후 3시 30분경 대만 가오슝 MRT 공사 중 TBM 터널이 붕괴되는 사고가 발생했다. 본 사고는 타이완에서 도심지역에 적용되어 왔던 지하공사(Underground construction)에 깊은 영향을 미쳤다. 본 사고를 통해 지하공사에서 입찰단계에서부터 자격을 갖춘 지반전문 기술자가 조사, 설계 및 시공에 관여하도록 하는 등 많은 규제가 강화되었다. 또한 TBM 터널공사에서의 대규모 터널 붕괴사고는 상당한 기술적 문제점을 제기하는 계기가 되었으며, 대규모 복구공사로 인하여 MRT 개통을 지연시키는 막대한 피해까지 가져오게 되었다.

[그림 5] 가오슝 MRT 터널 붕락사고(타이완, 2004)



[그림 6] 파이핑 파괴로 진행되는 붕락 메카니즘



■ TBM 터널에서의 횡갱(NATM)공사의 문제

일반적으로 도심지 지하철과 같은 터널공사에서는 상하행의 병렬터널을 굴진한 후, 두 개의 터널을 연결하는 방재목적의 피난연결통로(횡갱, cross passage)를 설치하게 된다. 특히 지반이 연약한 경우에는 본선터널은 TBM 공법을 이용하지만, 피난연락갱의 경우 어쩔 수 없이 NATM 공법을 이용하여 굴착을 수행하게 된다. 특히 횡갱굴착공사시 굴착에 앞서 주변지반의 차수성능을 철저히 확인하여 지하수 유입을 제어하도록 해야 한다. 연약지반상의 NATM

공사는 상당한 리스크를 가지므로 시공 중 엄청난 주의를 기울여 관리해야만 한다.

■ 연약지반의 지반공학적 특성 규명 및 지반기술자 중요성

본 붕괴사고의 경우 피난연락갱 하부 센프 공사 중 갑작스러운 파이핑(piping) 현상으로 발생한 것으로, 연약지반에 대한 그라우팅 품질관리, 즉 횡갱하부에 대한 지반그라우트 개량체에 대한 그라우트 성능 확인이 매우 중요함을 알 수 있다. 또한 공사지역의 지반의 고유한 특성과 공학적 거동 특성을 설계 단계에서 파악하도록 해야 하며, 시공 중에 이를 확인하도록 해야 한다. 이를 위해서는 자격을 갖춘 경험 있는 지반 전문가가 설계 및 시공에 관여하도록 해야 한다.

■ 사고 원인 조사와 복구대책 수립

본 붕괴사고가 발생한 직후 발주처에서는 타이완 건설연구소를 중심으로 사고조사위원회를 구성하여 설계 및 시공에 대한 철저한 조사로 주요 사고 원인을 규명하고, 복구대책을 제시하였다. 주요 복구대책으로는 사고 구간에 대한 다이아프램 월을 설치하고, 연결구간에는 지반동결공법을 적용하여 지반을 보강한 후 붕락구간의 토사와 손상된 세그먼트를 제거하고, 개착공법으로 세그먼트 라이닝을 조립한 후 되메워 최종적으로 복구공사를 무사히 마칠 수 있었다. 또한 사고원인으로부터 도심지 지하철공사에서의 시공 리스크를 관리할 수 있는 지반전문가를 현장에 상주하여 공사를 관리하도록 도심지 지하공사관리시스템을 개선하였다.

■ 붕괴 사고와 교훈

본 붕괴사고는 타이완에서 진행되어 왔던 도심지 지하공사에서의 시공관리 문제, TBM 터널공사에서의 횡갱 시공에 대한 제반 문제점을 확인할 수 있는 계기가 되었다. 특히 가오슝 당국 및 사고조사위원회 등을 중심으로 심도 깊은 논의와 검토를 진행하여 본 붕괴사고에서의 사고원인 규명과 재발방지 대책을 수립하는 등 타이페이 도심지 지하공사에서 공사관리시스템이 개선되었다.

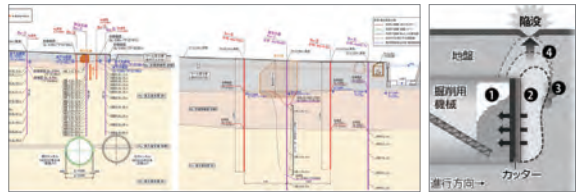
4. 도쿄 대단면 TBM 터널 지반함몰 사고와 교훈

2020년 10월 18일 오전 9시 30분경 도쿄 외곽순환도로 TBM 터널공사 중 지반함몰(Sinkhole) 사고가 발생하였고, 각종 매스컴에 대대적으로 보도되어 일본에서 굉장한 이슈가 되었다. 본 사고는 일본 도심지역에 적용되어 상대적으로 안전하다고 믿어왔던 대심도 터널공사(Deep Tunneling)에 대한 안전성뿐만 아니라 도심지 지하터널건설공사에 대한 신뢰성에 상당한 영향을 미쳤다. 도심지 대심도 터널공사에서 지반함몰 사고는 TBM 시공관리기술의 문제점을 제기하는 계기가 되었으며, 지반보강공사와 주변주택에 대한 보상 등으로 인한 민원으로 터널공사에 심각한 지장을 초래하게 되었다.

[그림 7] 도쿄외곽고속도로 TBM 터널 공사중 지반함몰 사고(도쿄, 2020)



[그림 8] 지반 함몰과 붕락 메커니즘



■ 대심도 TBM 터널에서의 지반함몰 및 지반공동 발생 문제
 쉴드 TBM 터널공사에서는 지반을 굴진하면서 발생하는 다양한 굴진 데이터로부터 시공관리를 진행하게 되며, 일정구간을 굴진한 후 커터헤드 교환 및 수리를 위한 정지(Chi, Cutter Head Intervention)를 반복하게 된다. 특히 대단면 쉴드 TBM의 경우 굴진데이터 및 배토량 관리에 대한 경험치가 부족하여 과굴착에 대한 이상 여부를 관리하기가 어렵고, 정지구간에서의 장비와 지표면에서의 안정여부(침하 및 함몰 발생)를 지속적으로 확인하도록 해야 한다.

■ TBM 터널공사에서의 굴진관리 및 시공관리의 중요성

본 지반함몰 사고는 쉴드 TBM 굴진시 지층특성이 변화하는 구간에서 야간 정지 후 쉴드 장비의 재굴진 중에 과굴착으로 인한 주변 지반의 이완과 굴뚝 모양으로 확대되어 지표면에 함몰과 공동이 발생한 것으로, 쉴드 TBM 터널시공시에 굴진데이터 관리, 배토량 관리 및 TBM 정지 구간에서의 안전관리 등의 중요성을 확인할 수 있다. 또한 공사구간에 대한 지반의 분포 특성과 거동 특성을 상세히 정확히 파악하도록 해야 하며, TBM 굴진시 이를 반영하여 품질관리에 활용하도록 해야 한다.

■ 철저한 사고 원인 조사와 재발방지 대책 수립

본 지반함몰 사고가 발생한 직후 국토교통성을 중심으로 사고조사위원회를 구성하여 지반조사 및 TBM 시공자료 분석을 통한 주요 사고원인과 발생 메커니즘을 규명하고, 지반보강 및 재발방지 대책을 제시하였다. 지반보강대책으로는 지반구간과 주변영향 구간에 대하여 고압분사교반공법을 적용하여 지반을 보강하고, 주변 영향구간에 대한 상세조사를 통하여 보상대책구역을 선정하여 보상을 실시하였으며, TBM 터널공사에서의 재발방지대책 및 안전관리대책을 수립하고 이를 지역 주민들에게 공지하도록 함으로써 시스템을 개선하였다.

■ TBM 터널공사 지반함몰 사고와 교훈

본 지반함몰 및 공동발생 사고는 일본에서의 도심지 터널공사에서의 안전관리, TBM 터널공사에서의 굴진 및 배토관리 등 도심지 터널공사에 대한 제반 문제점을 확인할 수 있는 계기가 되었다. 특히 국토교통성 사고조사위원회 등을 중심으로 1년 이상의 시간에 걸쳐 심도 깊은 논의와 분석을 진행하여 본 사고에서 사고원인 규명과 재발방지대책 등을 수립하였다. 또한 일본 도심지 TBM 터널공사에서의 시공관리 및 안전관리시스템을 재확인하는 계기가 되었다.

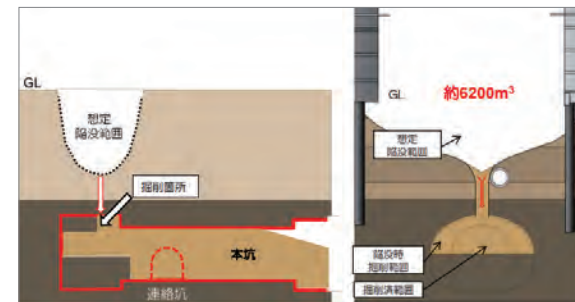
5. 후쿠오카 지하철 대단면 NATM 터널 붕락사고와 교훈

후쿠오카시 지하철 나나쿠마선 연장공사 현장에서 2016년 11월 8일 5시15분경 하카타역 앞 교차로 부근 도로 포장면에 균열이 발생하고, 이후 5시 20분경 도로 남쪽이 함몰, 5시 30분경 도로 북쪽이 함몰, 7시 20분경 도로 중앙부가 함몰되기에 이르렀다. 지하철 공사현장에서는 11월 8일 0시 40분경부터 지보공 103기 부근 굴착을 시작했으며 4시 25분경 연속적인 부분 붕락을, 4시 50분경에는 막장천단에서 이상출수를 관측하여 5시 00분경 작업원 9명 전원의 지상 대피를 완료, 5시 10분경 차량 등의 진입금지 조치가 완료된 바 있었다.

[그림 9] 후쿠오카 지하철 NATM 터널 붕락사고(일본, 2016)



[그림 10] 터널붕락 및 도로함몰 사고 개요도



■ 대단면 터널에서의 지질 및 지하수 리스크

본 현장에서는 시공 중에 설계상 예측한 지질 및 지반조건과 다른 지질 및 지하수 조건에 대한 기술적 대책을 수립하여 반영하였으나 대규모 터널 붕락사고가 시공 중에 발생하여 도로함몰에 이르게 되었다. 사고 원인조사를 통하여 지질 및 지하수에 대한 원인과 설계 시공에 관한 원인을 10가지로 분석하고, 특히 암토피고가 작은 풍화암층과 미

고결 대수 모래층에서 선진도강 굴착에 의한 영향으로 천단부에 유로가 형성되어 급격히 토사와 지하수가 터널내로 유입되면서 붕락이 발생한 것으로 분석되었다.

■ 대단면 NATM 터널에서의 보조공법 시공

본 현장에서는 암토피고를 확보하기 위한 터널단면 변경 및 지반특성을 반영한 분할굴착 변경 및 보조공법 변경 등 보다 안전한 축으로 설계를 변경하여 시공하였으나, 결과적으로는 붕괴사고에 이르게 되었다. 본 현장과 같은 지반불량 구간에서는 주지보에 추가적으로 시공되는 보조공법(강관보강그라우팅)의 경우 지보성능 확인 등에 대한 품질 및 시공관리가 무엇보다 중요하다는 것을 알 수 있다. 따라서 보조공법을 적용하기 위해서는 터널주변 지반의 특성을 파악하고 이에 적합한 보조공법을 선정하고 적용하도록 하며, 반드시 시험시공을 통하여 그 적정성을 검증하여야만 한다.

■ 사고 원인 조사와 복구대책 수립

주요 복구방안으로 사고구간에 대한 지상 그라우팅에 의한 지반개량을 확실하게 실시하고, 터널 내에서는 붕락된 터널구간을 완전히 토사로 채우고 지보벽체를 설치한 후 수발공을 설치하여 지하수위를 제어하도록 하였다. 또한 터널주변 지반을 그라우팅하여 인공지반을 형성한 후 NATM 공법으로 재굴착하여 최종적으로 복구공사를 무사히 마칠 수 있었다.

■ 도심지 대단면 NATM 터널 붕락사고와 교훈

본 붕락사고는 도심지 지하철 공사에서의 지질 리스크 관리문제, NATM 터널공사에서의 보조공법 시공에 대한 제반 문제점을 확인할 수 있는 계기가 되었다. 특히 후쿠오카 당국 및 사고조사 위원회 등을 중심으로 심도 깊은 논의와 검토를 진행하여 본 붕괴사고에서의 사고원인 규명과 재발방지 대책 등을 수립하여 일본 도심지 NATM 터널공사에서의 안전시공관리시스템이 개선되었다.

6. 상하이 메트로 TBM 하저터널 붕락사고와 교훈

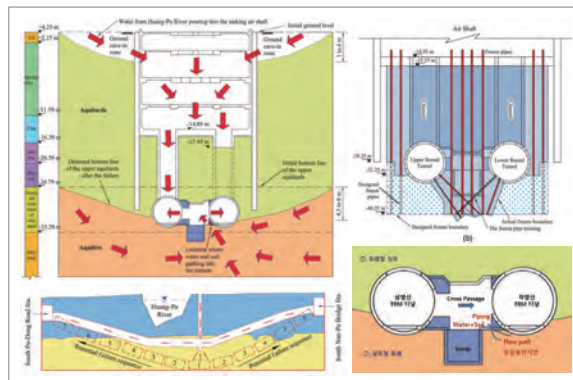
2003년 상하이 지하철 4호선의 사고는 중국 지하철 역사상 가장 심각한 사고 중 하나였다. 이는 인공지반 동결공법에 의해 굴착된 피난 연결통로의 일차적인 파괴를 포함하고, 이후에 대규모의 물과 토사의 침투, 엄청난 지반침하, 기존 구조물의 급속한 침하, 황푸 강을 따라 인접한 제방의 붕괴, 부지의 홍수, 그리고 건물과 지하철의 붕괴를 포함한다.

터널 사고는 모래층 내에서 피난연락갱의 파괴가 직접적인 원인이었다. 처음에는 침투수가 동결지반을 무너뜨리고 나서 물과 토사가 피난연락갱과 터널 내로 쏟아져 들어왔다. 대규모 지반붕괴의 결과로 지표면은 4m 정도까지 침하했고 기존 구조물들은 손상되었다.

[그림 11] 상하이 메트로 TBM 터널 붕락사고(중국 상하이, 2003)



[그림 12] 터널붕락 및 도로함몰 사고 개요도



■ 연약지반에서의 동결공법과 리스크

본 현장에서는 연약지반의 하저구간으로 피난연락갱 시공 시 지반개량 효과를 증진하기 위해 인공동결공법을 적용

하였다. 하지만 설계보다 작은 동결심도와 동결파이프 시공으로 피난연락갱 주변 지반보강의 상태가 양호하지 않았으며, 특히 하절기에 냉동장치 이상으로 여러 시간 동결지반의 온도가 상승하는 원인을 제공하게 되었다. 특히 사고가 발생한 지층은 실트질 모래층의 대수층으로 액상화가 발생하기 쉬운 지층으로서 동결지반의 결함으로 쉽게 지하수가 침투된 것으로 분석되었다.

■ TBM 터널에서의 피난연락갱 시공 리스크

본 사고는 TBM 공법으로 시공된 상하행의 본선터널을 연결하는 피난연락갱 구간에서 발생하였다. 특히 연약지반 구간에 NATM 공법으로 시공되는 피난연락갱은 시공 리스크가 가장 큰 취약한 구간이라 할 수 있다. 일반적으로 피난연락갱 주변 연약지반을 개량하기 위한 지반 보강그라우팅 또는 인공동결공법이 시공 전후에 수행되지만, 연약지반의 개량효과를 공학적으로 확인하고 검증하는 것이 필수이다.

■ 사고 원인 조사와 복구대책 수립

사고 원인은 피난연락갱 주변지반의 동결상태 불량으로 인한 모래층에서의 파이핑(piping)으로 물과 토사가 터널 내로 급격히 유입되고 주변 지반이 유실되었으며, 이후 세그먼트 라이닝 파괴와 지상도로 함몰에 따라 건물붕괴에 이르게 된 것으로 파악되었다. 복구 방안으로는 지하연속체 공법과 JSP(Jumbo Special Pile)공법을 적용하여 흙막이 굴착공사 후 손상된 구조물을 제거한 후 개착터널을 시공하는 방법이 적용되었다.

■ 하저 TBM 터널 붕락사고와 교훈

본 사고는 TBM 공사의 연약지반에서의 지질 리스크 문제, 피난연락갱 공사에서의 인공동결공법의 품질관리 문제점 등을 확인할 수 있었고, 특히 지하터널공사에서의 설계변경 절차 및 시공관리 방법 등 건설공사 관리상의 제반 문제점을 확인할 수 있는 계기가 되었다.

7. 호주 Forrestfield 공항철도 TBM 터널 사고와 교훈

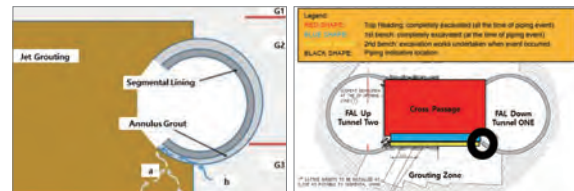
2018년 9월 22일 토요일 오전 11시 45분 경, 피난연락갱(Cross passage) Dundas와 제1터널 라이닝 링인버트 사이의 경계에서 누수(leak)가 발생했다. 누수는 Forrestfield 역에서 북쪽으로 약 200m 떨어진 피난연락갱 Dundas(CP12) 굴착과정에서 발생했다. 지하수 유입을 막기 위해 즉각적인 노력을 기울였지만, 상당한 수압으로 인해 유입량은 초당 약 50리터로 증가했고 그 결과 200m³ 이상의 모래와 토사가 터널로 유입되었다.

9월 23일 일요일 아침, Dundas 도로에 인접한 지표면에 싱크홀이 형성되었다. Dundas 도로의 일부 구간은 폐쇄되었고, 예방 조치로 두 TBM이 모두 중단되었다. 그날 늦게 인접한 TBM 터널 주변 인버트에 그라우트를 주입하기 시작했고, 며칠 후 유입량이 크게 감소했으며, 지하수 유입은 10월 3일 수요일에 완전히 멈추게 되었다. 지하수의 압력과 관련 하중으로 인해 피난연락갱 지점 근처에서 약 16개의 터널 링 약 26m구간이 변형되었다.

[그림 13] Forrestfield 공항철도 TBM 터널 붕락사고(호주 Perth, 2018)



[그림 14] 지하수 유입을 일으킨 경우 Flow Path



■ TBM 터널에서의 지반그라우팅 리스크

본 TBM 터널구간의 피난연락갱 시공 시 지반개량 효과를 증진하기 위하여 TBM 굴진전에 제트 그라우팅(jet grout-

ing)을 적용하였으며, TBM 굴진 완료 후 피난연락갱 굴착 전에 피난연락갱 주변에 인공지반동결공법(artificial ground freezing)을 적용하였다. 사고가 발생한 구간은 하부에 모래층의 대수층이 분포하고 있어 피난연락갱 굴착 시 피난연락갱 주변 지반 그라우트체의 결함과 갭을 통하여 지하수가 터널 내부로 급격하게 침투된 것으로 분석되었다.

■ TBM 터널에서의 피난연락갱 시공 리스크

본 사고는 TBM 공법으로 시공된 상하행의 본선터널을 연결하는 피난연락갱 구간에서 발생하였다. 본 현장에서는 피난연락갱 주변 지반을 개량하고 차수성능을 확보하기 위하여 지반 보강그라우팅과 인공동결공법이 적용되었지만, 라이닝과 지반 그라우트체의 갭, 지반 그라우트체의 결함, 배면 그라우트의 결함 등으로 복합적인 문제가 생기면서 침수 사고로 이어진 것으로 분석되었다.

■ 사고 원인 조사와 복구 방안 수립

사고 원인은 피난연락갱 주변 지반의 갭(gap)과 내부 결함(defect)으로 인한 하부 모래층에서의 파이핑(piping)으로 물과 토사가 터널 내로 급격히 유입되고 주변 지반이 유실됨에 따라 지상도로 함몰에 이르게 된 것으로 파악되었다. 복구 방안으로는 터널을 재시공하지 않고 손상된 라이닝을 보강하는 방안을 채택하였다. 보강공법으로는 손상된 라이닝을 절삭하여 강재(SGI) 라이닝을 설치하도록 하였으며, 화재 등에 대비하기 위하여 강재(SGI) 표면에 스프레이를 타설하였다.

■ TBM 터널 사고와 교훈

본 사고는 토사지반의 TBM 터널에서 배면 그라우팅 품질관리, 피난연락갱 구간의 지반그라우팅 품질관리, 피난연락갱 주변 지반에 대한 지반동결공법의 시공관리 그리고 NATM으로 굴착되는 피난연락갱의 시공관리 상의 문제점 등을 확인할 수 있었고, 특히 TBM 터널공사에서의 설계변경 절차 및 시공관리 방법 등의 건설공사의 관리상의 제반 문제점을 확인할 수 있는 계기가 되었다.

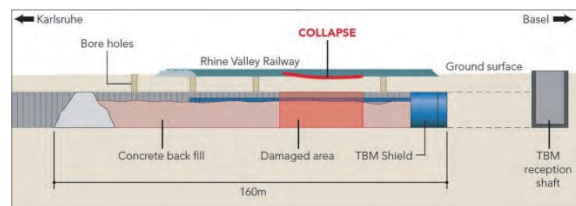
8. 독일 Rastatt TBM 철도터널 붕락 사고와 교훈

2017년 8월 12일 오전 11시경 터널 공사현장의 센서는 터널 위에 있는 기존 노선의 선로가 침하하고 있음을 나타냈다. 노선을 따라 설치된 신호가 위험으로 나타나 모든 열차는 자동으로 운행이 중단되었다. 아래 그림에서 보는 바와 같이 약 6~8m 길이의 선로구간에서 0.5m 정도 함몰되었다. 이 구간의 터널 토피고는 4~5m로 터널의 길이에 걸쳐 지반을 -33°C의 냉각액으로 동결하여 터널을 안정시킨 상태였다. 터널은 완전히 얼어붙은 재료를 통해 205m의 길이에 걸쳐 작동하도록 시공되었다. 상부 지반 및 궤도 함몰 직후 과다한 지하수 유출로 인해 처음에는 터널에 접근할 수 없었으며, 터널 붕락의 돌파가 임박한 것으로 추정되었다.

[그림 15] Rastatt 철도 TBM 터널 사고(독일 Rastatt, 2017)



[그림 16] 터널 붕괴 및 레일 함몰 현황도



■ TBM 통과구간에서의 지반동결 리스크

본 TBM 터널구간은 기존 철도하부를 저토피로 통과하는 구간으로 TBM 굴진공사 지반개량 효과를 증진하기 위하여 TBM 굴진 전 기존 철도하부 지반에 지반동결공법을 적용하였다. 사고가 발생한 구간은 하부에 모래층의 대수층이 분포하고 있어 세그먼트 라이닝 배면 그라우팅과의 겹을 통하여 지하수가 터널 내부로 급격하게 침투된 것으로 분석되었다.

■ 저토피 철도하부통과구간에 터널 리스크

본 사고는 기존 철도하부를 TBM 공법으로 저토피 터널로 통과하는 구간에서 발생하였다. 특히 기존 열차가 운행되는 구간에 저토피로 통과하는 것은 상대적으로 시공리스크가 큰 취약한 구간이라 할 수 있다. 본 현장에서는 지반을 개량하고 차수능을 확보하기 위하여 지반동결공법이 적용되었지만, 지속적인 열차하중과 주변 지반 온도상승으로 동결체가 약화되고 폭우로 인한 지하수위 상승으로 라이닝 배면으로 지하수가 유입되고, 터널 주변 지반이 이완되고 이완영역이 급격히 확대되면서 지반함몰이 발생한 것으로 판단되었다.

■ 사고 원인 조사와 복구 방안 수립

사고는 TBM 막장 후방의 세그먼트 라이닝 설치구간에서 발생한 것으로, 지반동결체의 내부 결함(defect)과 라이닝 배면의 갭(gap)으로 인한 모래층에서의 파이핑(piping)으로 지하수와 토사가 터널 내로 급격히 유입되고 주변 지반이 유실됨에 따라 지반 함몰과 궤도 손상에 이르게 된 것으로 파악되었다. 긴급복구로는 손상·붕락구간을 콘크리트로 채우고, 콘크리트 플러그를 설치하여 손상부를 차단하였으며, 상부에 콘크리트 슬라브를 시공하여 기존 철도운행을 재개하도록 조치하였다. 복구 방안으로는 TBM 터널과 TBM 장비를 포기하고 붕락 및 영향구간에 대한 개착박스 터널로 재시공하는 방안을 채택하였다.

■ TBM 터널 사고와 교훈

본 사고는 토사지반에 지반동결공법의 시공관리, TBM 터널에서 배면 그라우팅 품질관리 그리고 동결지반을 슬러리 타입의 TBM 공법으로 굴진되는 시공관리 문제점 등을 확인할 수 있었고, 특히 기존 철도하부 저토피 구간 터널공사에서의 설계변경 절차 및 시공관리 방법 등의 건설공사 관리상의 제반 문제점을 확인할 수 있는 계기가 되었다.

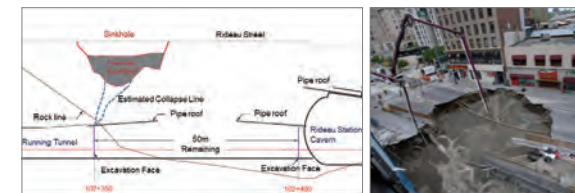
9. 캐나다 오타와 LRT 터널 붕락 및 싱크홀 사고와 교훈

2016년 6월 8일 오전 10시 30분경 Ottawa 시내 Sussex 드라이브와 교차하는 Lideau 스트리트에 대형 싱크홀이 발생하였다. 이 싱크홀은 Lideau 스트리트의 여러 차선의 도로를 붕괴시켰으며, Lideau 스트리트에 주차된 밴과 근처의 신호등이 싱크홀에 가라앉았다. 또한 싱크홀로 수도관이 파손되고 가스관이 새어 인근 건물 여러 곳이 곳에서 피해가 발생했다. 다행히 부상자는 보고되지 않았지만, 주변의 몇몇 건물들은 물, 전기, 가스가 없는 상태로 남겨졌다. 싱크홀은 국내외 언론에 의해 광범위하게 보도되었다. 싱크홀은 Ottawa LRT의 도심지 터널공사 구간에서 발생했으며, 그 당시 작업자들은 지하 Lideau 지하 정거장에서 작업을 수행하고 있었다. 싱크홀의 결과로 터널은 붕괴되었고 싱크홀 발생지점에서 수백 미터 떨어진 곳까지 차단되었으며, 싱크홀로 인해 지하 터널공사 진행이 상당한 영향을 받았다. 싱크홀이 발생했을 당시 지하터널은 거의 완성되었으며, 약 2.5km 길이의 터널 중 50m 정도만 남아 있는 상태였다.

[그림 17] Ottawa LRT 터널 싱크홀 사고 (캐나다 Ottawa, 2016)



[그림 18] 터널 붕괴 및 레일 함몰 현황도



■ NATM 터널 복합지반에서의 지반 리스크

NATM 터널구간은 석회암층에 발달한 빙적토 계곡(glacial valley)구간으로 조사 및 설계 당시부터 지반 리스크(geo-risk)를 확인하고 이에 대한 대책을 반영하여 파이프 루프

(pipe roof) 보강 등을 적용하여 시공하였다. 본 사고가 발생한 구간은 비교적 양호한 석회암에서 연약 토사층인 빙적토층으로 변화하는 지질변화 구간으로, 터널 굴착에 따른 지반이완이 진행됨에 따라 천단부 보강 파이프 사이로 지하수가 터널 내부로 급격하게 침투하였으며, 상부 토사층이 급격히 약화되고 지반이완이 확대되어 지상도로에 이르러 싱크홀이 발생한 것으로 분석되었다.

■ NATM 터널 사고에서의 지반 리스크의 분담과 책임

본 터널 사고는 사고발생 직후 도로하부에 있는 400mm 상수도관이 파열되어 도로가 완전히 침수되는 상황으로 발전하였다. 이에 상수도관의 커풀링에서의 누수가 싱크홀 사고의 주요한 원인이 되었다는 주장과 연약 토사구간에서의 터널 시공관리의 부실로 인한 것이라는 주장이 대립되었고, 이는 발주처와 시공자간의 주요 소송쟁점이 되었다. 이후 사고조사위원회의 면밀한 조사와 검토를 통하여 싱크홀 사고원인은 터널 공사와 관련이 있음을 확인하였다.

■ NATM 터널 싱크홀 사고 원인 조사와 복구 방안 수립

사고 원인은 연약토사층 구간의 본선터널 천단부 파이프 루프 보강구간으로 지하수가 급격히 물과 토사가 터널 내로 급격히 유입되고 주변 지반이 유실됨에 따라 지상도로 함몰에 이르게 되어 싱크홀이 발생한 것으로 파악되었다. 복구 방안으로는 싱크홀 구간은 콘크리트 채움을 실시하고, 이후 지상보강 그라우팅으로 터널 붕락구간 및 주변 지반을 보강하는 방안을 채택하였다.

■ NATM 터널 싱크홀 사고와 교훈

본 사고는 복합지반의 암반구간과 토사지반의 경계부 NATM 터널에서 파이프 루프공법의 시공관리, 본선터널과 정거장 터널의 관통부 시공관리, 터널 상부의 상수도관 등에 대한 지장물관리 상의 문제점 등을 확인할 수 있었고, 특히 NATM 터널공사에서의 지질 리스크 대응 및 시공관리 등 문제점을 확인할 수 있었다.

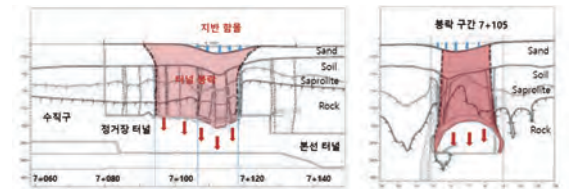
10. 브라질 상파울루 메트로 NATM 터널 붕락 사고와 교훈

2007년 1월 12일 오후 2시경 브라질 상파울루 메트로 공사 중 터널이 붕괴되어 7명의 사망자가 발생하는 대형사고가 발생하였다. 본 사고는 브라질 상파울루 도심지 터널공사 공사에 적용되어 왔던 NATM 터널공사에 심각한 영향을 미쳤다. 본 사고를 통해 NATM 터널공사에서 굴착 및 보강방법과 지질 및 지반 리스크 관리상에 여러 가지 문제점이 확인되었다. 특히 도심지 구간을 통과하는 NATM 터널에서의 터널 및 수직구 붕괴사고는 조사, 설계 및 시공상의 기술적 문제점을 제기하는 계기가 되었으며, 터널 붕괴사고 원인 및 발생 메커니즘을 규명하기 위하여 사고조사위원회를 구성하여 철저한 조사를 진행하게 되었다. Pinheiros 정거장 터널사고는 동측 터널에서 굴착 작업이 거의 완료되었을 때, 정거장 터널의 굴착 끝지점에서 수직구 방향으로 벤치 굴착 작업을 수행하는 동안 발생했다. 첫 번째 붕괴 직후는 약 14시 30분에 터널 내부에서 발생했으며, 14시 54분에 터널 붕락은 Capri 거리에 큰 지반함몰 형태로 확대되었다.

[그림 19] 상파울루 메트로 NATM 터널 붕락 사고 (브라질 상파울루, 2007)



[그림 20] 터널 붕괴 및 레일 함몰 현황도



■ NATM 터널 충상/풍화암반에서의 지질 리스크

사고 원인은 엽리와 차별풍화가 발달한 흑운모 편마암구간에서 정거장 터널굴착 중 측벽의 연약층이 파괴되어 천

단부의 암반 능선(rock ridge)이 붕락되면서 지상으로 함몰에 이르게 되었으며, 이후 수직구까지 붕괴된 것으로 파악되었다. 따라서 지질변화 구간에서 막장뿐만 아니라 주변 터널의 암반 상태를 확인하는 것이 무엇보다 중요하므로 지질상태를 면밀히 관찰하고 이에 대하여 보다 적극적으로 대응하여야만 한다.

■ NATM 터널 사고에서의 계약 방식과 리스크의 책임

본 터널 사고는 지질 및 암반 조건이 매우 복잡한 구간에서 발생한 붕락사고로 7명의 사망자가 발생하였고, 주변 도로가 함몰되고 건물이 손상되는 상황으로 발전하였다. 이후 사고조사 위원회의 면밀한 조사와 검토를 통하여 설계 및 시공의 총체적인 시스템의 문제점이 확인되었지만 주요 사고 원인은 지질 리스크로 결론지었다.

■ NATM 터널 붕락사고 원인조사와 복구 방안 수립

사고 원인은 설계 당시 확인하지 못한 지질특성(차별풍화의 암반능선 구조, 측벽 뒤의 열화된 흑운모층 등)으로 시공 중 측벽의 연약층이 파괴되면서 천단부의 암반 능선(rock ridge)이 붕락되면서 지상으로 함몰에 이르게 되었으며, 수직구까지 붕괴된 것으로 파악되었다. 복구 방안으로는 붕괴 구간에 가시설 공법을 적용하여 단계별로 재굴착하고, 개착 박스 구조물을 설치하는 방안을 채택하였다.

■ NATM 터널 붕락사고와 교훈

본 사고는 터널 공사에서 지질 리스크 관리가 얼마나 중요한지를 보여주는 대표적인 붕괴사례로, 사고 발생 이후 대처 및 긴급 대책방안 수행 등에 심각한 문제까지 확인되었고, 부적절한 대응으로 인하여 대형 인명사고로 이어졌다는 점이다. 특히 철저한 조사 결과를 바탕으로 사고 발생 시 대응시나리오 등에 대한 긴급구난계획(contingency plan)등과 같은 안전 관리가 대폭 강화되는 계기가 되었으며, 브라질 지하터널공사에서의 안전 관리 및 리스크 관리시스템이 근본적으로 개선되었다.

11. 국내 도심지 터널 붕락 및 싱크홀 사고와 교훈

1) 서울시 지하철 TBM 터널 싱크홀 사고

2014년 8월 5일 석촌지하차도에서 폭 2.5m, 깊이 5m, 연장 8m의 싱크홀이 발생했다. 또한 13일에도 석촌지하차도 중심부 도로 밑에 폭 5~8m, 깊이 4~5m, 연장 70m의 공동이 추가로 발견됐다.

이후 14일 지하철 9호선 3단계 건설을 위해 지하차도 하부를 통과하는 실드 터널 공사가 싱크홀 발생 원인으로 추정되었다. 본 사고는 도심지 터널공사의 지하안전영향평가를 의무화하는 계기가 되었다.

[그림 21] 서울시 지하철 TBM 터널 싱크홀 사고 (2014, 서울)



2) 인천 도시철도 NATM 터널 붕락 및 싱크홀 사고

2012년 2월 18일 인천도시철도 2호선 201공구 지점에서 40m 검단사거리부근의 6차선도로 한복판이 무너져 내리는 싱크홀 사고가 발생했다. 이번 사고는 지하철 공사 중 대형 상수도관 파열로 누수현상이 발생해 지반이 약해져 붕괴된 것으로 파악했다.

[그림 22] 인천 도시철도 NATM 터널 붕락 및 싱크홀 사고 (2012, 인천)



3) 별내선 지하철 NATM 터널 붕락 및 싱크홀 사고

2020년 8월 26일 구리시 교문동의 한 아파트 인근 도로가 내려앉으며 직경 16m, 깊이 21m 대형 싱크홀이 발생했다.

싱크홀 사고 발생 원인은 별내선 터널 공사로, 본 공사는 2015년에 착수해 2024년 12월 완공 예정으로 공사를 진행 중이었으나, 별내선 3공구 지하터널(1~3터널) 구간이 포함된 도로에 대형 싱크홀 사고가 발생한 것이다.

[그림 23] 별내선 지하철 NATM 터널 붕락 및 싱크홀 사고 (2020, 구리)



4) 부산 지하도로 NATM 터널 붕락사고

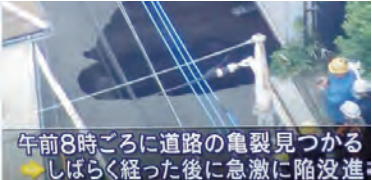
2023년 2월 25일 0시 40분경 부산 동래구 미남교차로 근처 지하 60m 지점에 있는 만덕~센텀 대심도 터널 공사 현장 천장에서 토사 750m³가 쏟아졌다. 당시 이로 인한 인명 피해는 없었다.

토사 유출에 따른 영향 범위가 반경 10m 이내로 분석됐고, 도시철도 3호선 터널과 32m가량 떨어져 있어 영향이 없을 것으로 평가되었다. 이후 상세한 사고 원인 조사를 통하여 보강공사가 진행되었다.

[그림 24] 부산 지하도로 NATM 터널 붕락사고 (2023, 부산)



요약 Summary 국내외 주요 도심지 터널 붕괴 사고 사례 - 주요 특징 정리 요약

구분		내 용	비고
1	터널	영국 Heathrow 급행철도 터널 / NATM 공법	
	특징	영국 최초의 대규모 NATM 공법 적용현장으로 터널 굴착중	
	원인	지반 보강그라우팅 부실로 터널 붕괴 및 지반침하 발생	
2	터널	싱가포르 Nicoll Highway MRT 터널 / 개착 공법	
	특징	연약지반상의 대규모 수직구 및 가시설 공사중	
	원인	설계 오류 및 시공관리 부실로 가시설 및 도로 완전붕괴	
3	터널	타이완 가오슝 MRT 터널 / TBM 공법	
	특징	TBM 터널 피난연락갱(Cross Passage) NATM 굴착 리스크	
	원인	피난연락갱 NATM 굴착중 파이핑(Piping)발생후 붕괴	
4	터널	도쿄 대단면 도로터널 / TBM 공법	
	특징	도심지 대심도 구간(40m 이하)에서의 대단면 TBM 터널굴진	
	원인	TBM 정지시 지반이완 및 도로까지 연결되는 싱크홀 형성	
5	터널	후쿠오카 대단면 지하철 터널 / NATM 공법	
	특징	정거장 터널구간에서의 대단면 NATM 분할 굴착	
	원인	암토피고 부족으로 지반이완 및 토사 유입으로 터널 붕괴	
6	터널	상하이 메트로 하저터널 / TBM 공법	
	특징	하저 연약지반구간 TBM 터널로 굴진후 피난연락갱 굴진중	
	원인	피난연락갱 NATM 굴착중 파이핑(Piping)발생후 터널 붕괴	
7	터널	호주 Forestfield 공항철도 터널 / TBM 공법	
	특징	TBM 본선타널 굴진후 피난연락갱 굴진중	
	원인	피난연락갱 NATM 굴착중 토사 및 지하수 유입과 지반함몰	
8	터널	독일 Rastatt 철도터널 / TBM 공법	
	특징	철도하부 TBM 통과구간에 대한 지반동결공법 적용	
	원인	동결지반에 대한 품질관리부실로 철도 및 TBM 장비 함몰	

구분		내 용	비고
9	터널	캐나다 오타와 LRT 터널 / NATM 공법	
	특징	대단면 정거장 터널에서 본선타널 굴착중	
	원인	토사층과 암반층 경계부에서의 터널 붕괴 및 지반함몰	
10	터널	브라질 상파울루 메트로 터널 / NATM 공법	
	특징	대형 수직구에서 정거장 터널 및 본선타널 굴착중	
	원인	지질 리스크로 1차 터널붕괴 및 2차 수직구 붕괴 발생	
11	터널	국내 도심지 지하철 터널 / NATM 공법 및 TBM 터널	
	특징	도심지 지하철 구간 NATM 및 TBM 터널 굴착중	
	원인	지질 및 지반리스크에 의한 붕괴 및 지반함몰(싱크홀) 발생	

■ 제5강을 마치면서 - 도심지 터널 붕괴사고와 교훈

지하터널공사에서의 해외 터널사고 사례를 중심으로 터널 사고의 발생 원인과 그 영향에 대하여 고찰하였다. 터널에서 발생한 다양한 사고 형태와 특성을 검토하고 주요 문제점 분석을 통하여 얻은 요점을 정리하면 다음과 같다. 터널공법은 크게 NATM 공법과 TBM 공법으로 구분되며, NATM 공법과 TBM 공법이 적용된 모든 터널공사에서 터널사고가 꾸준히 발생하고 있다. 최근까지도 NATM 공법과 TBM 공법에서의 사고사례가 보고되고 있으며, 특히 도심지 터널공사에서의 사고가 많이 발생하고 있으며, 상대적으로 그 영향(결과)도 심각한 것으로 확인되었다. 터널사고의 원인은 크게 지질 및 지반 문제, 설계상의 오류와 해석 문제 그리고 시공기술 부족과 관리 문제로 구분할 수 있다. 지질 및 지반 문제는 터널공사의 가장 교유한 문제로 설계 단계에서의 충분한 지반조사와 시공단계의 지질 및 암반평가 작업의 중요성을 확인하여 준다. 또한 설계과정에서의 해석 오류로 인한 잘못된 지보선정과 시공경험이 부족한 기술자의 터널현장 관리가 가장 근본적인

사고원인이라 할 수 있다.

터널사고는 터널 작업자의 피해뿐만 아니라 도심지 터널의 경우 지상인프라에 상당한 손상 그리고 주변 환경에 심각한 영향을 주게 된다. 또한 터널 사고로 인하여 사고수습과 복구로 인한 추가 공사비 증가 및 공기 지연은 매우 심각한 문제로, 일반적으로 터널 사고의 발생 원인에 따라 발주자 뿐만 아니라 시공자(또는 설계자)의 책임 여부와 보험자의 재무적 손실까지 영향을 미친다. 해외에서 발간된 터널 사고조사 보고서상에 터널사고를 방지하기 위한 가장 주요한 방법이 바로 리스크 분석을 통한 리스크 관리(Risk Management)이다. 이는 국제터널협회(ITA)를 중심으로 정량적 리스크 분석기법에 대한 가이드라인을 제시하고 있다. 이는 선제적이면서 적극적인 예방(pro-active) 대책으로 터널공사에 적용되어 운용되고 있으며, 설계 단계에서부터 운영관리 단계까지 프로젝트 모든 단계에서 운용되도록 하고 있다. 🇫🇷

그·날·의·도·로

1977년 12월 17일

그날, 구마고속도로가 개통되었다



1977년 12월 17일, 구마고속도로가 개통되었다. 구마고속도로는 총연장 84.2km, 노폭 13.2m로, 1976년 6월 24일에 착공하여 1977년 12월 17일에 2차로로 준공되었다. 당시 총건설비는 국가예산 104억 3,700만원, 외국 자본 2,882만 9,000달러 등 244억 1,900만원이 투입되었으며, 동원된 연인원은 198만 5,000명에 달했다.



출처 및 참고자료 : ©국가기록원, ©e영상역사관, KTV국민방송, ©한민족문화대백과사전

이 고속도로 개통으로 대구~마산 간 자동차 운행시간이 종전의 3시간 20분에서 1시간 20분으로 2시간 단축되었다. 나아가 이 도로는 영남과 호남을 1일 생활권으로 묶는 효과를 가져왔다. 개통 후 1986년 12월에는 이현~옥포(12.6km) 구간과 옥포~내서(64.3km) 구간이 4차로로 확장되었으며, 1999년 12월에는 이현~성서(3.4km) 구간이 확장되었다. 이후 2006년 12월에는 옥포 분기점~화원요금소 구간을 왕복 10차로로 확장 개통하였다.

구마고속도로는 2002년에 고속도로 노선번호 체계가 변경됨에 따라 내서~현풍 분기점 구간이 중부내륙고속도로(고속국도 제45호선)에 편입되었고, 나머지 현풍~금호 분기점 구간(길이 30km)은 2008년 1월에 중부내륙고속도로 지선(고속도로 제451호선)으로 명칭이 변경되었다.

참고로 사진은 구마고속도로 준공식에 참석한 박정희 대통령과 학생들의 모습이다. 🇫🇷

우리 비겁을 묵묵히 지켜본, 학(鶴)처럼 고고한 목포대교

이영천 | 작가

고고한 자태의 학을 닮은 사장교가 있다. 목포 해양대학교 부근에서 고하도 옹머리 해안을 잇는 목포대교다. 삼학도(三鶴島)는 3마리 학의 형상화로, 항구도시 목포의 상징이면서 전설을 간직한 명소다. 이 학이 목포대교에 내려앉았다. 2012년 6월에 만들어진 다리를 멀리서 바라보면 하늘로 날아오르는 두 마리 학의 모습이 선명하다. 주탑과 경사 케이블 색채가 이뤄내는 앙상블이다.

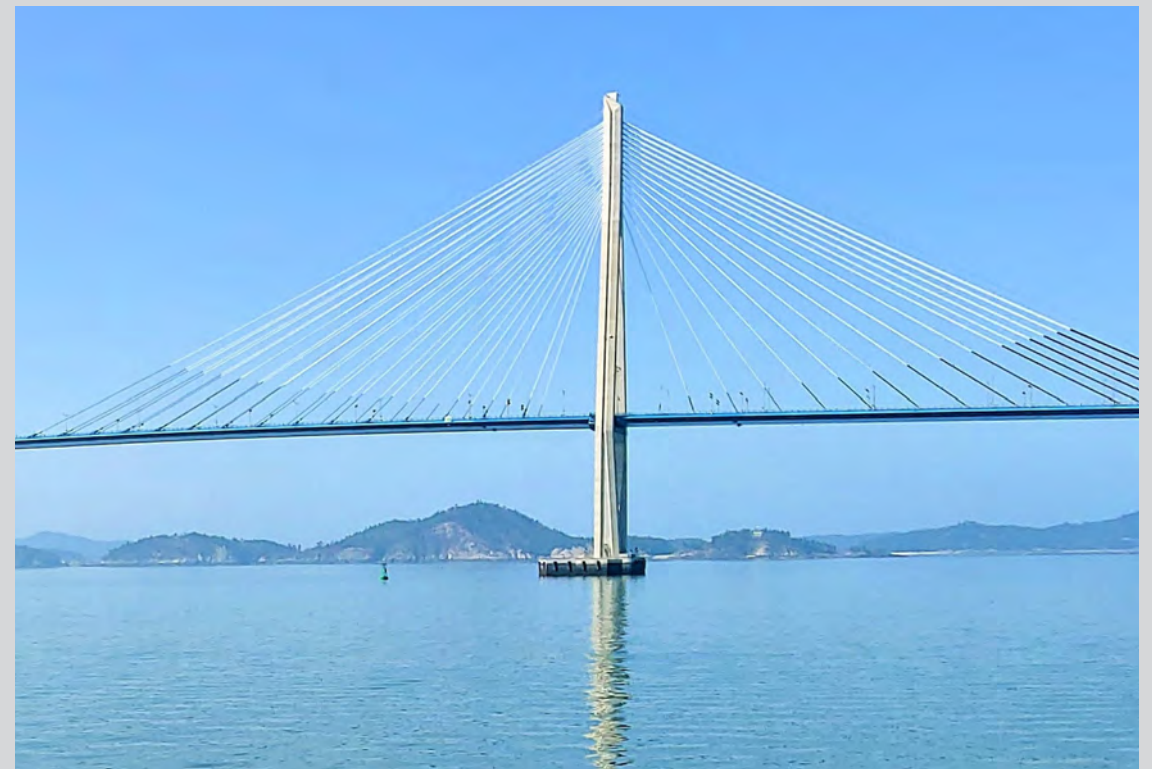


고하도 전망대에서 바라본 옹머리와 목포대교, 목포 상징인 삼학도 학의 형상화다. ©이영천

사장교는 2면 식 케이블(2-way cable, 보강형 양측 가장자리에 케이블 거치)을 채용하는 게 통상적이다. 많은 경험과 공학적 데이터(Data), 설계와 시공기술이 축적되어 있기 때문이다. 간혹 1면 식 케이블(보강형 중앙에 케이블 거치)이 쓰이기도 하지만 흔하진 않다. 1면 식은 사장교 모습을 빼닮은 엑스트라-도즈드교(Extradosed Bridge)에 많이 채용한다.

특이한 공법

목포대교는 '3면 식 케이블(3-way cable) 공법'을 적용한 사장교다. 3면 식은 경사 케이블이 구간을 달리해 다리 중앙과 양쪽 가장자리에 나뉘어 걸린 다리를 일컫는다. 케이블이 번갈아 걸린 곳이 3면이라는 의미다. 우리나라 최초이고, 세계에선 두 번째다. 진입부는 다리 중앙에, 두 주탑 사이는 양쪽 가장자리에, 진출부는 다시 중앙에 케이블을 걸었다.



주탑과 경사 케이블의 모습. 다리를 건너면 면을 달리한 모습이 선명하다. ©이영천

부정정구조물(不靜定構造物, Statically Indeterminate Structure, 계산을 통해 내력과 반력을 계산해 내기 어려운 구조물)인 사장교는 설계 시 고려해야 할 요소들이 많다. 1면이나 2면 식 사장교도 고난도 구조물이지만, 대체로 기술력은 일반화하였다. 하지만 3면 식 사장교는 생소하면서도 1면이나 2면 식과 비교해 난이도가 엄청나다. 그만큼 구조적으로나 역학적으로 고려할 요소가 많다는 의미다. 이런 다리를 만들어 냈다는 건 설계나 시공에 충분한 기술력이 뒷받침되었다는 방증이다. 우리 기술력의 쾌거다.

국도 1호선 시점과 길이를 바꾼

다리가 앉아 있는 곳은 서해안고속도로 종점에서 목포 북~서쪽을 순환하는 도로의 한 구간으로, 북항에서 신항만까지 4.129km 연륙교 구간이다. 이중 목포대교 구간은 총연장 3.06km로, 3경간 사장교는 900m(200+500+200)이다. 다이아몬드형 2주탑에 유선형 강상판(steel plate deck) 보강형을 매달았다.



학 두 마리가 날개를 펼친 모습의 목포대교. ©이영천

유선형의 보강형 채택은 바람이 많이 부는 목포항 특성을 고려한 조치다. 경사 케이블을 활용, 날아오르는 학을 형상화했다. 다리 밑으로 통항(通航)하는 배 규모를 결정하는 높이인 형하고(桁下高)는 53m다. 5만 톤급 선박 통항이 가능한 높이다.

다리가 만들어지면서 국도 1호선 연장이 4.129km 늘어난다. 시점도 목포신항만으로 바뀐다. 국도는 일정한 규칙에 따라 번호를 매긴다. 시·종점을 정할 때 홀수는 남(시점)→북(종점)으로, 짝수는 서(시점)→동(종점)으로 한다. 1호선이 목포~신의주, 2호선이 신안~부산 방식이다. 따라서 홀수는 남-북으로, 짝수는 서-동으로 늘어지게 된다. 여기에 번호를 부여하는데 홀수는 서→동으로 1, 3, 5, 7호 순으로, 짝수는 남→북으로 2, 4, 6, 8호 순으로 번호를 부여한다. 지도를 펴고 살펴보면 쉽게 알 수 있다. 예외는 있으나, 이 방식이 국도 시·종점과 노선 번호를 부여하는 규칙이다.



목포항 주 항로를 이룬 바다와 유달산. ©이영천

대교가 끝나는 곳이 고하도와 허사도다. 이곳 고하도는 정유재란 당시 이순신 장군이 임시 삼도수군통제영을 만든 곳이다. 이곳에서 고금도로 통제영을 옮기기 전까지 많은 전투선과 식량을 비축하고, 군사를 초모(招募)한다. 지금은 목포신항만이 들어서 있다. 목포대교를 건너면 붉은 옷을 입고 있는, 처참한 모습의 세월호를 만날 수 있다. 이곳 신항만에는 '세월호'가 녹이 쓴 모습으로, 긴 시간 쓰리고 아픈 숨을 내쉬고 있는 곳이다.

아픔의 세월호

처참하게 가라앉았던 세월호가, 2017년 4월 11일 물으로 올라온다. 인양을 결정하고 채한 달이 지나지 않아 육지로 끌어 올려진 것이다. 침몰하고 3년에서 5일을 떠돌던 채운 날이었다. 3년이라는 그 긴 시간 동안, 도대체 무얼 하고 있었던 말인가?

2014년 4월 16일은 청천벽력 같은 날이었다. 오전 방송매체에 뜬 속보는, 모든 사람이 경악할 만한 장면이었다. 길이 145m에 폭이 22m인 거대한 배가 한쪽으로 기울어 가라앉는 모습을 보면서도. 무려 6천 8백 톤이 넘는 거대한 연락선(여객과 화물운송 겸용)이다. 주변으로는 많은 배들이 선회하고 헬기까지 떠 있다. 가라앉는 모습이 실황으로 중계된다. 곧이어 전원구조라는 속보가 뜬다. 사람들은 안도의 숨을 내쉴다. 그러나 얼마 지나지 않아 터무니없는 오보로 밝혀진다. 영혼 없는 우리 언론의 현주소이자 부끄러운 민낯이다. 뒤집힌 배는 밤늦도록 물 위에 허연 바닷을 드러내고 누워있었다. 시민들은 안타까움을 넘어 무기력에 어찌할 바를 몰랐다. 애타는 마음을 보태기에도 벅찬, 쓰리고 처참한 광경이었다.

아무것도 하지 않은 권력

우리의 무능과 비겁이 세월호와 같이 수장(水葬)되고 있었다. 고귀한 수백 송이 여린 꽃들이, 우리 부끄러움을 다 안아 가라앉고 있었다. 언론은 저열하고 무기력했으며, 당시 권력은 악랄했다. 최고 권력자의 무능과 두문불출을 감추고 왜곡하기에 급급했다.

배를 소유한 회사에 모든 책임을 떠넘기는 형국이 만들어진다. 정보기관을 총동원해 유족들을 감시한다. 해양경찰 등 정부 기관보다 어민들과 민간인 잠수사들의 활약이 더 돋보이고 처절하다. 대한민국이라는 나라의 수준이 적나라하게 드러난다. 어두운 그늘이고 부끄러운 이면의 축소판이었다.



2017년 팽목(진도)항. 수많은 시민이 회한의 눈물을 흘린 곳이다. ©이영천

권력을 가진 기회주의자들이 먼저 살아보겠다고 발버둥 치는 꼴을 보였다. 위급한 상황에서 시민을 백안시하는 나쁜 권력의 모습을 빼닮았다. 어린 학생들에게 '가만히 있으라' 했다. 보상비와 각종 특혜에 혈안이 된 집단처럼 유족을 매도하고 조롱하기까지 했다. 한참 후에야 만들어진 '특별조사위원회'마저 무력화시키기에 급급하다. 권력과 정보기관, 보수언론과 보수단체를 총동원시킨다. 이들을 앞세워 면죄부 쌓기에 급급했다. 총체적인 난국이자 부끄러운 민낯이었다. 사건이 일어나던 시각에, 오히려 '아무것도 하지 않고 가만히 있었던' 아둔하고 무능한 최고 권력자 뒷수습이 급선무로 보였다.

진실을 인양하는 그날까지

어떤 정치인은 '교통사고'라 했다. 또 다른 논객과 정치인이 유족을 상대로 '시체 팔이' 한다면 조롱한다. 아픔을 같이하진 못할망정, 도를 넘은 망발이었다. 모두가 분노한다.

하지만 진실마저 가라앉은 건 아니었다. 시민들이 촛불을 든다. '아무것도 하지 않고 가만히 있었던' 최고 권력자를 권좌에서 끌어내린다. 그리고 한 달 남짓, 우리의 비겁과 무관심, 부끄러움과 무기력이 배와 함께 물으로 올라온 것이다. 바로 이곳 목포신항만이다. 그러나 헌법재판소는, 아무것도 하지 않았던 최고 권력자 파면 판결문에 '세월호 참사가 직접적 탄핵 사유에 해당하지 않는다'고 명시하고 만다. 무척 아쉬운 대목이다.

또한, 지금까지 어느 것 하나 제대로 밝혀진 게 없다. 2021년 검찰이 주도하는 세월호 참사 특별수사단은 '참사 구조 지연 및 수사외압 의혹' 등 명백한 사실을 무혐의 처분해버린다. 법과 정의가 무언지 묻고 싶은 대목이다. 2023년 가을 '구조에 실패'한 당시 해양경찰청 지휘자들에게 무죄가 선고된다. 10년이란 시간, 무엇을 재판했던 말인가. 그나마 세월호 선체를 보존하고 희생자를 추모하려는 '국립 세월호 생명 기억관(가칭)'이 2029년 고하도에 생긴다고 하니 지켜볼 일이다.



목포신항만에 올라와 있는 2020년의 녹슨 세월호. ©이영천

어둠은 빛을 이길 수 없다.
거짓은 참을 이길 수 없다.
진실은 침몰하지 않는다.
우리는 포기하지 않는다.

목포신항만에 빈 채 방치된 세월호는, 모든 진실을 알고 있을 것이다. 우리가 물 속으로 가라앉혀버린 비겁과 무관심, 부끄러움과 무기력을 말이다. 가라앉은 여린 꽃들은 반드시 피어나야만 한다. 촛불의 물결로 출렁이던 그 뜨거웠던 겨울, 광화문광장에 울려 퍼진 노래에 모든 게 담겨있다. 진실이 인양되는 그 날까지, 결코 우린 포기하지 않을 것이다. 끝까지 기억하고 행동함으로써 여린 꽃들을 반드시 피워내고야 말 것이다.

세찬 바람에도 묵묵히 제 자리를 지키고 선 목포대교가 무척 늠름해 보인다. 🇰🇷

근대의 도로(1)

길의 역사 21편

“나라를 부강시키려면

산업을 개발해야 하고

산업을 개발하려면

치도를 먼저 해야 한다”



김옥균(조선 고종 시기의 정치가, 개화사상가)

구한말의 치도론(治道論)의 대두

구한말의 치도문제를 가장 적극적으로 주장하고 실제 치도에 많은 영향을 끼친 이는 김옥균(金玉均)이었다. 김옥균의 개화사상(開化思想)은 이미 개항(開港) 이전에 이루어져 있어서 1874년(고종 11년)에는 기화근사(箕和近事)를 저술하였고, 1882년(고종 19년)에 일본을 다녀 온 뒤 더욱 확고해졌었다. 김옥균은 “나라를 부강시키려면 산업을 개발해야 하고 산업을 개발하려면 치도를 먼저 해야 한다”는 주장이었다. 당시 한성판윤(漢城判尹:시장)으로 있던 박영효(朴泳孝)는 그러한 주장을 긍정적으로 받아들여 1883년에 치도기구를 설치하였고, 정부는 해마다 5만환씩을 도로개수비로 지출하기로 하였다.



김옥균의 치도약론

치도약론(治道略論)

조선 말기 김옥균이 도로의 정비에 관련된 모든 문제를 정리한 논설로 정비 계획의 방향을 제시하고 내용을 기술한 1책의 필사본으로, 치도약론(治道略論), 치도약칙(治道略則) 발문으로 구성되어 있어 치도규칙(治道規則)으로 알려져 있다.

《치도약론》은 규장각 한국학연구원에서 보관 중인 치도규칙의 총 9장으로, 치도약론과 치도약칙은 각 4장씩이며 김옥균이 쓴 것이고, 발문은 1장으로 당시 주일청공사였던 중국인 여서창(黎庶昌, 1837~1896)이 쓴 것이다. 치도약론은 등록문화재 제565호로 등록되어 있듯이 당시의 도로 정비 인식과 조선시대 도로 정비의 역사를 보여주는 귀중한 자료이다. 김옥균이 임오군란 후에 일본에 파견된 수신사 박영효(朴泳孝)를 수행하였던 1882년(고종 19) 11월에 집필한 것으로, 총 3,050자의 한문체로 되어 있다. 표제명은 ‘치도규칙(治道規則)’이며, 통리교섭통상사무아문(統理交涉通商事務衙門)에서 목활자로 간행하였다. 

참고자료

서울대학교 규장각한국학연구원, 도로백서(2003), 한국민족문화대백과사전

(다음 호에 계속) 근대의 도로(2) - 길의 역사 22편



문화예술 속

교량의 미학

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

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

[출처: 위키백과]



저자 문지영은 글 쓰는 작가이자 그림을 그리는 화가로 활동 중이다. 대표 저술서로는 ■내려놓기(2022년, 교보eBook 전자책) ■상상 그 이상, 조선시대 교량의 비밀(2012년 초판, 2022년 초판 3쇄, 2013년 문화체육관광부 우수학술도서 선정) ■미학적으로 교량보기(2014년 초판, 2015년 대한민국학술원 우수학술도서 자연과학부문 선정, 2014년 대한토목학회 저술상 수상) ■자연과 문명의 조화, 토목공학(2015년 초판 공저, 2018년 개정판 공저, 초판 3쇄+2판 3쇄, 2016년 대한민국학술원 우수학술도서 자연과학부문 선정) ■숫자로 보는 대한토목학회 70년(토목 70년(1951-2021), 그리고...)(2021년 공저, e-book+paper book) ■내가 사랑한 디노베이터 Design Innovator I loved(2020년 공저) ■서울대학교 토목공학의 100년 돌아보기(2016년 공저) ■생각을 말해보(2015년 공저) ■현대 경관을 보는 열두 가지 시선(2006년 공저) 등이 있으며 ■토목, 인생, 무엇이 궁금해?(2023년, e-book+paper book) ■다리 구조 교과서(2017년)는 감수를 했다. 유튜브 〈나답게: 토목과 디자인 그리고 조경의 경계를 넘나드는 삶(2022년)〉(<https://youtu.be/njbSnpKd6g4>) 영상에 보다 자세한 저자 소개를 담았다. 2023년 봄호부터 시작한 본 도로교통저널 〈문화예술 속 교량의 미학〉 연재에 이어, 2024년부터는 대한토목학회 학회지에도 〈문화예술 속 토목구조물의 미학〉을 연재한다.

문지영 | 작가

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



제4편 무지개다리

(2023년 겨울호)



2023년 한 해가 저물어 간다. 독자분들의 2023년 한 해는 어떠했는지 묻고 싶다.
기쁜 일들이 많았는지? 새해의 소원과 다짐은 어느 정도 성취되었고 완성했는지?
몸과 마음의 건강은 어떠했는지? 등이 궁금하다.

저자 본인은 무지개빛 한 해를 살았다. 계획한 여러 일들을 동시에 혹은 순차적으로 진행했고, 다행히 연말에는 결과물들이 빛을 발하여 아름다운 무지개를 만들었다. 본 도로교통저널에 〈문화예술 속 교량의 미학〉 글쓰기를 시작했고 이번 글까지 포함하여 봄·여름·가을·겨울호 연재를 무사히 마쳤다. 그림그리기도 꾸준히 진행하여 매번의 연재 기사 속에 수록해 왔다. 이 외에 몇 개의 작품을 더 그려서 지인들에게 선물하기도 그리고 판매까지도 했다. 대한토목학회 학회지에도 꾸준히 글을 기고했으며 내년 2024년 2월에 실릴 기사는 토목학회지에 쓰는 33번째 글이 된다. 2023년 10월 12일에 출간한 〈토목, 인생, 무엇이 궁금해?〉 에세이북에서는 전체 원고를 꼼꼼하게 감수했으며, 출판 당일 북출판 기념 강연회에서는 책소개 및 멘토링 연설을 맡았다. 각종 학회 및 협회 봉사도 지속했는데, 토목분야 관련으로는 대한토목학회 학회지편집위원회, 토목이미지개선위원회, 여성기술위원회 등에서 재능기부를 통한 사회봉사 활동을 열심히 수행했다. 토목뿐만 아니라 디자인 분야에서의 봉사도 있었다. 매우 개인적으로는 첫째 딸아이의 특수목적고등학교 입시도 성공리에 마쳤

며, 둘째 아들도 건강하게 잘 키운 한 해였다. 여러 가지의 일들이 다행히 그리고 감사하게도 멋진 선(善, 線)을 이루어 2023년의 마지막 달인 12월의 푸른 하늘에 크고 선명한 무지개를 그렸다. 독자 여러분의 무지개는 어떤 모습일지 눈을 감고 가만히 상상해본다.

〈그림 1〉 오복(五福)을 상징하는 다섯 마리의 용(龍)이 다섯 개의 무지개 다리를 건너는 그림(©문지영 작품)



〈그림 2, 그림 3〉 오즈의 마법사 속 무지개 Over the Rainbow (출처: 左_ <https://ppss.kr/archives/> / 右_ <https://www.yes24.com>)

“Somewhere over the rainbow skies are blue~♪♪”
〈그림 2, 그림 3〉 콧노래를 흥얼거리며 무지개빛 인생, 무지개빛 미래를 상상해보자. 어떤 미래가 그려지는가?
‘무지개’라는 단어에서 연상되는 ‘희망, 꿈, 성공, 밝음, 기쁨, 사랑, 행복, 행운, 기적, 위안, 설레임, 용기, 열정, 경이로움, 숭고함, 긍정’ 등의 이미지는 무릇 한 개인에게서만 떠오르는 심상(心想)은 아닐 것이다. 무조건적인 관심과 무한 기쁨이 ‘무지개’라는 존재 가치로 자연스럽게 연결된다.(여담으로, 최초의 인류가 처음 무지개를 발견했을

때 느꼈던 감정은 ‘두려움, 무서움, 공포’에 더 가까웠다는 이야기도 있다.)

2006년의 영화 〈무지개 여신(虹の女神)〉(이미지 1) 속 프롤로그에는 무지개의 뜻을 다음과 같이 표현했다. “무지개는 우리 꿈을 이루어줄 기적, 무지개는 하늘에 걸린 우리 약속의 표시, 무지개는 눈물 맺은 하늘이 사랑스럽게 짓는 미소”라고, 데이비드 허버트 로렌스(David Herbert



〈이미지 1〉 영화 : 〈무지개 여신(虹の女神)〉 속 무지개 (출처: <https://www.amazon.co.jp>)



〈이미지2〉 고전소설 : 〈무지개(The Rainbow)〉 속 무지개 (출처: <https://kyobobook.co.kr>)



〈이미지 3〉 연극 : 〈넓은 하늘의 무지개를 보면 내 마음은 춤춘다〉 속 무지개 (출처: <https://www.artsnculture.com>)

Lawrence)가 1920년에 쓴 고전소설 <무지개(The Rainbow)> <이미지 2> 속 무지개는 구약성서(舊約聖書)에 기록된 노아의 대 홍수 이후에 떠오른 무지개와 같은 의미로 그려졌다. 여성을 중심으로 삼대(三代)의 생활상이 그려지는 가운데 손녀 어슬라는 원치 않은 임신과 실연, 이어서 유산의 아픔을 겪게 된다. 어느 날 병상에서 창밖을 바라보던 그녀의 두 눈에 ‘무지개’가 한가득 들어온다. 갓은 시련과 고난 끝에 희망이 도래할 것임을 알려주는 복선(伏線)이다. 이제는 평화의 날이 올 것임을, 신이 도울 예정임을 암시하는 축복의 메시지로 읽힌다. 2020년 서울연극제 대상 수상작인 <넓은 하늘의 무지개를 보면 내 마음은 춤춘다>(이미지 3) 속 ‘무지개’는 비 온 뒤 맑게 갠 하늘에 떠오르는 무지개처럼 ‘전화위복(轉禍爲福)’을 나타냈다. 비가 내릴 때 -고통이 삶에 생채기를 낼 때- 서로의 상처를 어루만져주고, 겹겹이 쌓이는 고된 이승(현생)의 삶 속에서도 희망이 있음을 전달하고자 한 ‘따뜻한 메시지’로서의 무지개’다.

무지개는 한 번 나타나면 아름다운 색깔로 사람들의 눈과 마음을 사로잡지만 금방 사라지고 마는 신비로운 동시에 아쉬운 존재이다. 무지개를 그리며 꾸는 인간의 꿈 또한 영원하지 않다. 꿈이 현실이 되어버리면 이내 그 꿈의 가치는 희미해진다. 그러나 그 다음번 무지개가 어느 날 다시 또 떠오르듯 새로운 꿈이 생기고 실연되고 또 다시 생기는 가운데 기쁨의 횡수가 누적되니, 그 기쁨 또한 반복적으로 영원하다고 볼 수 있지 않을까?

그럼, ‘무지개다리’란 어떤 다리인가? 사전적 정의를 찾아보자. 구조적으로는 아치교(Arch Bridge)를 일컫는다. 곡선의 정상부에 힘을 가하면 압축력이 수평 방향으로 구속되면서 아치의 양쪽 끝단(지반)으로 전달되는 형식의 교량이다. 교각과 상판으로 구성된 교량보다 구조적으로 튼튼하다. 우리네 옛 교량 가운데 단일 홍교(虹橋, 虹蜺橋, 拱橋, 구름다리)는 무지개를 닮은, 반원형의 홍에 구조가 단하나인 아치교이다. 따라서 홍교를 ‘무지개다리’로 명명하기도 했다. 무지개다리는 판형교(형교, 보다리)에 비해 구조미뿐만 아니라 조형미까지 모두 빼어나다. 특히 석재 홍교는 안정



〈사진 1〉 선암사 승선교



〈사진 2〉 흥국사 홍교



〈사진 3〉 송광사 삼청교(하부는 석재 홍교)



〈사진 4〉 통도사 홍교

적인 축조 형식이기 때문에 일반 판형교보다 유실(잃어버림) 빈도가 낮고 큰 곡선이 주는 우아한 아름다움이 주는 미적(美的) 가치가 돋보인다. 무지개다리 형태는 잘 다듬은 장대석(長臺石)으로 아래부터 곡선을 그려가며 전체의 큰 반원형 틀을 축조하고 노면까지의 측면을 석재로 아무지게 쌓아올려 완성한다.

사찰 초입에 혹은 대웅전 입구에 놓인 단일 홍교(홍예교, 무지개다리)는 속세(괴로움으로 가득 찬 세상, 차안; 此岸; 생사가 있는 이 세상)에서 극락(불교에서의 천국, 피안; 彼岸; 해탈과 열반의 세계)으로 이동하는 매개체(중간)역할을 한다. 무지개(虹)를 타고 불국(佛國)에 들어간다는 의미이다. 교량 하부의 잔잔한 수면(水面)에 반사되어 하나의 완전한 원(정원; 正圓)을 만들기도 하니, 불교뿐만 아닌 도교적인 의미까지 더해져 ‘원융회통(圓融會通)’의 경지로까지 승화하여 숭고함까지 느껴진다. 여기에서 ‘원융(圓融)’은 막힘이 없음, ‘회통(會通)’은 하나로 만남을 뜻한다. ‘불이(不二)’, ‘하나됨(一)’을 뜻하는 원형(圓形)을 통해 불교에서 일컫는 불국정토(佛國淨土), 극락세계(極樂世界)와 유사한 도교에서의 선계(仙界)가 무지개다리에 동시에 함축되어 있음을 알 수 있다.



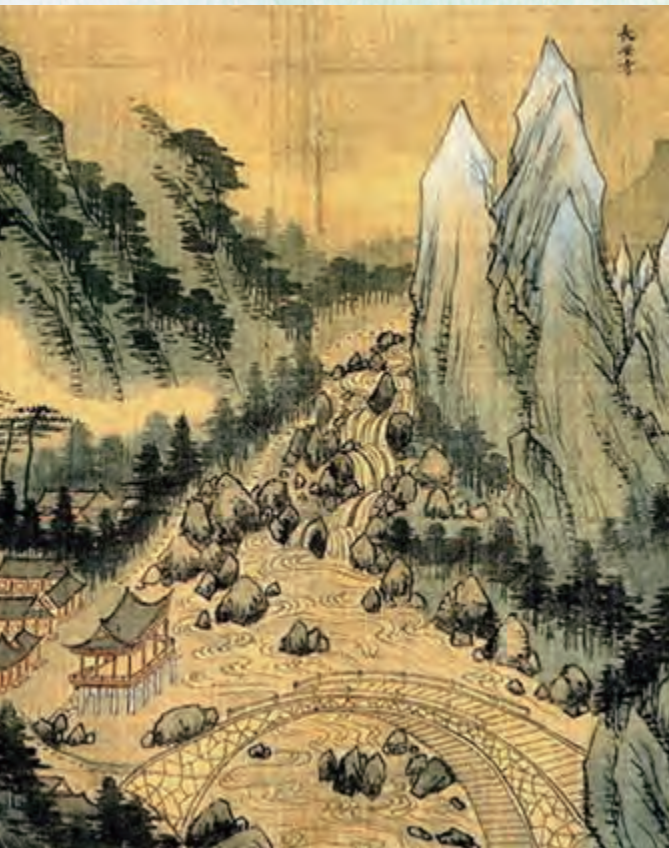
〈사진 5〉 선암사 승선교 용두

대표적인 사찰의 단일 홍교로는 선암사(仙巖寺)의 승선교(昇仙橋, 사진 1)와 하승선교(下昇仙橋, 승선교 바로 옆에 가설한 이란성 쌍둥이 교량), 흥국사(興國寺) 홍교(사진 2), 교량 상부는 누각(樓閣)이고 하부는 석재(화강암) 홍교인 송광사(松廣寺)의 누교(樓橋) 삼청교(三淸橋, 사진 3)와 청량각누교(淸凉閣樓橋), 통도사(通度寺)의 홍교(사진 4), 건봉사(乾鳳寺) 내 능파교(凌波橋)·청련교(靑蓮橋)·문수교(文殊橋)·극락교(極樂橋)·백운교(白雲橋) 등이 오늘날까지 존재한다. 무지개다리 아치 구조 중앙의 하부 다리 밑에는 용머리(龍頭)를 거꾸로 매달아 놓았는데, 수로(水路)를 통해 흘러 내려오는 악한 기운(액운; 厄運)을 막아주는 영적(靈的)·심적(心的)인 역할을 부여하기도 했다. 용의 얼굴 방향은 상류(上流)를 향하고 있다. 하천을 따라 상류에서 하류로 내려오는 액운을 용이 매섭게 노려보고 있는 형상이다. 선암사 승선교 홍예의 용두상(龍頭像, 용두석; 龍頭石, 사진5)에는 종이 매달려 있어서 나라에 변란이 일어날 때마다 울렸다는 전설이 있다. 송광사 삼청교 무지개다리 용두(龍頭)는 가느다란 줄에 엽전을 물고 있는데(사진 6), 과거 다리를 놓기 위해 보시한 엽전(시죇돈)의 일부를 매달아 놓았다고 전한다. 신도(信徒)들의 시죇돈을 받아 가설한 교량임을 표방하고, 차후 보수공사를 위해(돈을) 보태어 쓰라는 선조들의 배려와 여유도 엿보인다.



〈사진 6〉 송광사 삼청교 용두

조선시대 진경산수화(眞景山水畵)의 대가인 화가 겸재(謙齋) 정선(鄭敼, 1676~1759)이 그린 <장안사(長安寺)> <그림 4>에는 금강산 산세와 어우러진 무지개다리 만천교(萬川橋)가 크게 그려졌다. 정선이 36세 때 최초로 금강산을 여행한 후에 그린 풍악도첩(楓嶽圖帖)에 실린 그림으로, 내금강으로 들어가는 길에 자리 잡은 절 장안사 초입의 석재 홍예교가 보인다. 이 무지개다리를 건너면 해탈과 깨달음의 세계로 금방 도달할 수 있을 것만 같다. 참고로 과거 조선시대의 교량에서는 천상과 지상을 연결하는 의미로 다리(무지개다리 포함)가 종종 언급되었다.¹⁾



<그림 4> “신묘년 풍악도첩(辛卯年楓嶽圖帖)” 가운데 <장안사>, 정선, 36×37.4cm, 국립중앙박물관 소장.

‘비프로스트(Bifrost) 다리’<그림 5>는 북유럽 노르드 신화(Norse mythology)에 나오는 ‘불타는 무지개다리’이다. 중간계 미드가르드(Miðgarðr, 고중세 게르만인들이 자신들이 거주하고 있으며 또 자신들에게 알려진 인간 세계를 일컬은 말)와 신계 아스가르드(Ásgarðr, 노르드 신화에서 에시르 신족이 사는 곳)를 연결한다. 신화 혹은 전설 속에서 선녀와 신과 하늘의 그 어떤 존재들은 ‘무지개다리’를 통해 지상으로 내려오고 하늘로 올라갔다. <그림 5>에서는 다른 에시르(Æsir, 북유럽 신화에 나오는 한 무리의 신들)가 비프로스트 다리 위를 이동하고 있다. 반면에 토르(Thor, 에시르 중 망치를 든 이로, 북유럽 신화에서 가장 인기가 많고 널리 알려진 신)는 혼자 강을 침범하며 건너는 중이다.



<그림 5> 비프로스트 다리(Bifrost Bridge)_가명, 로렌츠 프릴리히(Lorenz Frølich), 1895년. (출처: <https://ko.wikipedia.org/wiki>)

“무지개다리를 건너다.”는 죽음을 완곡하게 표현한 말로, 주로 ‘반려동물의 죽음’을 의미한다. 매년 8월 28일을 ‘무지개 다리의 날’로 지정하여 사랑하는 반려동물이 무지개다리(‘하늘다리’)로도 지칭, 그림 6)를 건너 저세상으로 간 날을 기리는 시간을 갖는다. 사람뿐만 아닌 반려동물의 이승과 저승을 적극적으로 생각하는 문화가 오늘날의 변화된 모습 가운데 하나인데, 반려동물의 장례절차를 사람과 유사하게 치르기도 한다. 죽음의 대상이 동물이라는 것을 떠나, 사랑하는 존재의 평안을 비는 마음만은 따뜻한 것이기에 ‘무지개다리’의 의미가 더 크게 와닿는다.



<그림 6> 무지개다리를 건너는 반려동물 (출처: <https://www.news-journalonline.com>)

‘자연이 만들어낸 위대한 무지개다리’도 존재한다. 미국 유타주(State of Utah) 국립공원 내 현존하는 레인보우 브리지(Rainbow Bridge, 이미지 4)는 세계에서 가장? 큰 무지개다리로 알려진 자연이 만든 다리 중 하나이다. 본 무지개다리를 신성하게 여기는 아메리카 인디언 부족부터 매년 이곳에 이 교량을 보기 위해 방문하는 전세계 85,000명(매년)의 사람들에 이르기까지 방문자에게 깊은 감동과 울림을 주는 존재로 무지개다리는 이미 유명하다. 필자 또한 2012년에 이곳을 방문한 경험이 있다. 가슴 벅찬 전율은 직접 느껴보지 않고서는 감히 말로 표현하기 어렵다. 기회가 닿는다면 직접 가서 보고 체험해 보기를 적극 추천한다.

66
무지개 다릴 건너 달리는 모습
상상만으로도 예뻐 보여~

<백스뮤직, 「무지개다리」, 안병바다>

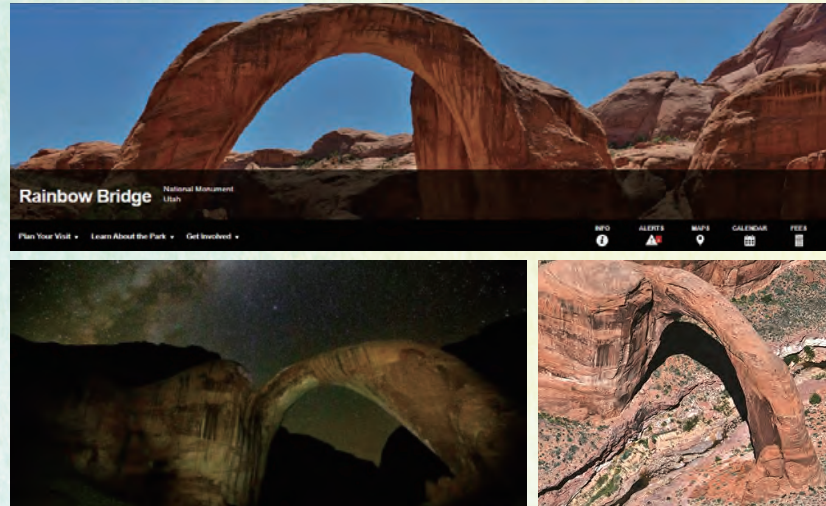
99

66
난 널 기억해
난 언제나 네가 있는 무지개다리 건너
널 만나러 갈게~

<백스뮤직, 「무지개다리」, 리나>

99

1) 문지영(2022 초판 3쇄, 2012 초판), 『상상 그 이상, 조선시대 교량의 비밀』, 서울: 도서출판 씨아이알



〈이미지 4〉 미국 내셔널파크 인터넷 홈페이지에 소개된 Rainbow Bridge(출처: <https://www.nps.gov>)



〈사진 7〉 무지개색 다리1: 반포대교 달빛 무지개 분수쇼
(출처: 한국관광공사)

무지개의 빨·주·노·초·파·남·보(빨간색, 주황색, 노란색, 초록색, 파란색, 남색, 보라색) 색상(色相)은 ‘다양성’을 상징하기도 한다. 문화권마다 혹은 시대마다 색의 개수에 대한 차이가 보이는데, 뉴턴(Isaac Newton) 이전의 유럽에서는 빨간색, 노란색, 초록색, 파란색, 제비꽃색(보라)의 5색으로 혹은 6색으로 나누었다고 한다. 과거 한국에서도 무지개의 색깔 개수를 7색이 아니라 5색이라고 여겼다고 하는데, 흑백청홍황(黑白靑紅黃)의 오방색(五方色)이라고 불리는 색들이다.²⁾ 아프리카에서는 8색으로, 남아시아 일부 지역에서는 2색으로 지칭하기도 했다는데



〈사진 8〉 무지개색 다리2: 선유교 무지개 조명
(출처: <https://dalgom.tistory.com>)

이는 자연환경과 언어(인지 및 인식의 차이)에 따른 영향으로도 보인다. 색의 구성과는 별개로, 개별 색상의 고유 권역을 서로 침범하지 않고 조화롭게 어우러져 하나의 큰 무지개를 만든다는 구조는 같다. 나와 너와 우리 모두의 ‘공생(共生)’이다. 다양한 문화적 코드를 인정하고, 개방성을 극대화하며, 열린 마음으로 다함께 잘 살기를 바라는 무지개빛깔 세상을 꿈꿔본다. 게슈탈트 이론(Gestalt Theory)처럼 각각의 하나씩이 모여 전체의 합 그 이상의 의미와 형태를 구현했다.

2) <https://namu.wiki/무지개>



〈사진 9〉 서울퀴어문화축제(2022)를 찾은 사람들

(출처: <https://www.bbc.com/korean>)

‘퀴어퍼레이드(Queer Parade)’를 아는가?

본 축제는 1970년에 미국 뉴욕(New York)에서 스톤월 항쟁(Stonewall riots)을 기념하는 행사로 처음 시작되었고, 지금은 미국뿐만 아니라 독일, 영국 등 전 세계 주요 도시에서 성소수자(성 소수자)들의 자긍심을 높이고 지지하며 자유와 평등을 요구하는 시가행진으로 열리고 있다.³⁾ 우리나라에서는 2000년 ‘퀴어문화축제-무지개2000’이라는 명칭으로 첫 회를 개최한 이후에 2018년 ‘서울퀴어문화축제(Seoul Queer Culture Festival, SQCF)’로 명칭을 변경한 후 지금까지 이어지고 있다. 〈사진 9〉는 성적 다양성을 상징하는 ‘무지개색’ 깃발, 마스크, 망토 등의 소품을 가지고 2022년 서울퀴어문화축제에 참여한 사람들의 모습을 담았다.⁴⁾

축제의 상징으로 빨/주/노/초/파/보 ‘여섯 빛깔의 무지개’가 쓰인다. ‘남색’이 빠진, 일곱 빛깔이 아닌 여섯 빛깔 무지개는 성소수자를 나타내는 심볼로 자리잡았다. 무지개가 내포하는 ‘다양성’, ‘관용과 포용’을 내세워 모든 빛깔의 존재가 모두 가치 있다는 평행(平行)한 동행(同行)의



〈사진 10〉 퀴어축제 개최에 반대하는 맞불집회(2022)
(출처: <https://www.bbc.com/korean>)

의미를 내포한다. “무지개처럼 다채롭게 살고 싶다.” 혹은 “이전의 고통과 불행에서 벗어나 무지개빛깔 행복을 누릴 권리와 기회를 달라.”의 목소리로도 들리는 것은 나만의 환청은 아니겠지? 서울뿐만 아니라 부산, 광주, 인천 등에서도 퀴어문화축제가 개최되었으나 아직까지는 사회적인 편견(偏見)이 강하기 때문에 활발하게 진행되지는 못하고 있다. 〈사진 10〉에서처럼 서울광장 맞은편에서는 퀴어축제 개최에 반대하는 맞불집회(2022)가 열렸다.

3) <https://www.google.com/퀴어퍼레이드> 뜻

4) 서울퀴어문화축제 <https://www.sqcf.org/sqcf>

‘무지개다리 사업’이라는 키워드로 결혼이주민과 다문화 가족에 대한 복지지원정책 개선 노력도 추진중이다. 무지개가 내포하는 다양한 문화의 융합과 소통, 이주민과 지역 주민이 모두 함께 어우러지는 문화공간 및 문화예술프로그램을 통해 네트워크를 구축하고, 문화다양성을 기반으로 한 사업을 구상하는 등 다각도에서 아이디어를 모으고 있는 것으로 보인다. 본 사업은 현재 서울, 인천, 대구, 광주, 부산 등 각 지역에서 진행중인 것으로 조사된다. 다문화 사회조성을 위한 무지개다리를 놓았으니 앞으로는

소통이 원활하게 잘 되면 좋겠다.

각각의 무지개 색 모두는 예쁘다. 빨간색이어서 예쁘고, 주황색이어서 예쁘다. 노란색, 초록색, 파란색이어서 예쁘고, 남색과 보라색이어서 예쁘다. 다 예쁘다. 이 세상에 존재하는 다양한 형태와 사랑이 꽃을 피우고, 다채로운 형태의 가족이 공존할 수 있는, 모든 사람은 태어나면서부터 행복할 권리를 동등하게 갖는다는 것이 상식으로 통용되는 무지개빛 세상은 무지개 저 너머에서나 존재할 수 있을까? 꿈이 현실이 되는 그 날을 기대해본다.



〈그림 7〉 오복(五福)을 상징하는 다섯 마리의 용(龍)이 다섯 개의 무지개다리를 건너는 그림
(©문지영 작품)

무지개는 과학적으로 공기 중에 떠 있는 물방울에 햇빛이나 달빛이 닿아 물방울 안에서 굴절과 반사가 일어나 발생하는 현상으로 프리즘처럼 빛이 분산되어 나타난다. 완전한 무지개는 보통 하나의 쌍으로 존재하는데, 1차 무지개로 불리는 하단(지표면과 가까운) 아치는 위가 빨간색이며 하부로 내려가면서 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남, 보랏빛으로 보인다. 2차 무지개는 1차 무지개 위로 흐릿하게 나타나며, 1차 무지개와는 반대로 하단부가 빨간색이다. 위로 올라갈수록 주 · 노 · 초 · 파 · 남 · 보 색상 순으로 보인다. 저자의 그림〈그림 1, 그림 7〉속 다섯 개의 무지개 가운데 1차 무지개와 2차 무지개가 구별되어 보이는가? 〈그림 1〉과 〈그림 7〉은 같은 그림으로, 2024년 새해를 상징하는 ‘용(龍)’이 ‘무지개다리’를 건너고 있다. 순진

무구한 어린이의 마음을 담은 아기용이 맑고 선명한 무지개다리 위에서 포즈를 취했다. 오복(五福)을 상징하는 뜻으로 다섯 마리의 용이 다섯 개의 무지개를 건너는 컨셉이다. 2024년에는 지난 2023년보다 더 행복하길, 더 희망이 가득한 한 해가 되길 기원하는 마음을 가득 담아 본 원고에 수록한다.

2024년에는 꼭 독자 여러분의 인생에서 가장 멋진 무지개가 될 것이다. 집집마다 개개인마다 꿈에 그리던, 눈이 부시게 아름다운 빛깔의 쌍무지개가 여러번, 여러 장소에서, 여러 크기와 형태로 떠오르길 소망하며, 이만 2023년 겨울호 연재글을 마친다. 2024년 새봄호에서는 재미있고 유익한 〈돌다리〉 이야기를 들려드리겠다. 기대하셔도 좋다. 🇫🇷

My heart leaps up when I behold

_William Wordsworth

My heart leaps up when I behold
A rainbow in the sky.
So was it when my life began ;
So is it now I am a man ;
So be it when I shall grow old ,
Or let me die !
The Child is father of the Man ;
And I could wish my days to be
Bound each to each by natural piety !

내 가슴은 뿜다

_ 윌리엄 워즈워스

하늘의 무지개를 바라보면
내 가슴은 뿜다,
나 어렸을 때도 그랬고,
어른이 된 지금도 그렇고,
늙어서도 그럴 것이다,
그렇지 않다면 차라리 죽어야지!
아이는 어른의 아버지,
내 모든 날들이 자연의 경외 속에서
하루하루 이어지기를!

※ 본 원고에서는 단일 경간(단경간)의 홍교만 언급했다. 무지개다리의 단일 곡선을 기본으로 이야기를 전개시켰기 때문이다. 단경간 아치교는 비교적 짧은 길이의 교량 가설에 쓰였다. 긴 다리를 가설하고자 한다면 아치 구조를 여러 번 반복시키는 다경간 아치교로 설계해야 한다. 이는 차후 별도의 원고에서 다루겠다.



따뜻한 남쪽의 청와대 청남대

대청호반을 따라 달리는 청주 역사 여행길

허준성 | 여행작가

과거 대통령만 이용하던 별장 '청남대'에서 역대 대통령과 대한민국 임시정부 역사 이야기를 시작으로 청주 여행을 시작해 보자. 세계에서 가장 오래된 금속활자 인쇄본 '직지심체요절'을 만든 흥덕사지와 고인쇄박물관을 보고, 마지막으로 세종대왕이 눈병을 치료했던 초정행궁에서 족욕을 하며 청주 곳곳에 있는 역사 여행지를 탐방하는 코스다.



‘따뜻한 남쪽의 청와대’라는 뜻의 청남대는 대한민국 역대 대통령이 이용하던 별장이다. 1983년부터 대통령의 휴식과 국정을 구상했던 청남대는 2003년 노무현 전 대통령 시절 일반인에게 개방되었다. 대청호에 둘러싸인 수려한 자연환경에 산책길, 음악분수, 골프장, 양어장 등 잠시나마 청남대의 주인이 되어 역대 대통령의 휴식을 공유해볼 수 있다. 대한민국 근현대 역사를 대통령 중심으로 보여주는 대통령기념관에서는 1948년부터 시작된 대통령 선거사에 대한 이야기, 역대 대통령의 선거 포스터 등이 전시되어 있다. 중국 상해 임시정부 청사를 모티브로 만들어진 ‘대한민국 임시정부 기념관’은 임시정부의 시작과 활동, 독립운동에 대한 기록이 이어진다.

[주소] 충북 청주시 상당구 문의면 청남대길 646

[전화] 043-257-5080

[운영] 09:00~18:00(동절기 ~17:00), 월요일 휴무





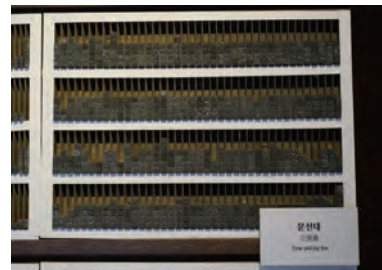
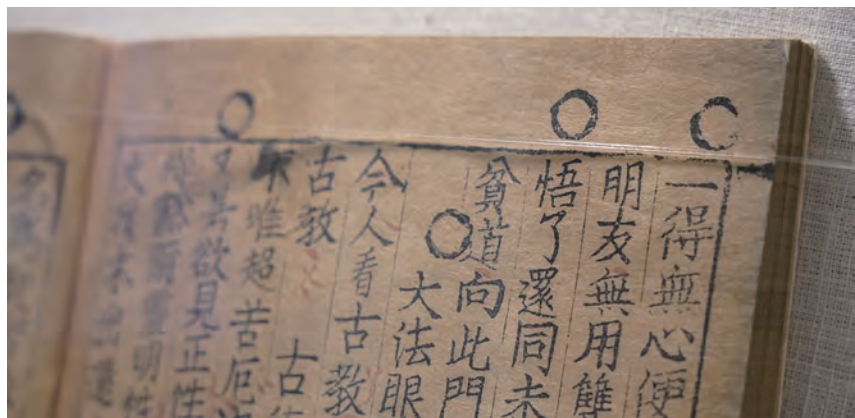
세계에서 가장 오래된 금속활자의 기억 청주고인쇄박물관

세계에서 가장 오래된 금속활자 인쇄본인 '백운화상초록불조직지심체요절'(이하 '직지')을 주제로 우리나라 고인쇄 문화를 소개하는 박물관이다. 백운화상이 '불조직지심체요절'을 간추려 엮은 것으로 직지가 발견되기 전까지는 독일 구텐베르크의 '42행 성서'가 가장 오래된 금속활자로 알려졌다. 이보다 78년이나 앞섰던 직지는 1906년 프랑스로 넘어가 프랑스 국립 도서관이 소장하고 있었는데, 박병선 박사에 의해서 세상에 알려지게 되었다. 청주고인쇄박물관은 직지 영인본과 관련된 금속활자 이야기에 대해 자세히 설명하고 있다. 박물관 옆에는 직지가 인쇄되었던 흥덕사지와 근현대 인쇄 전시관이 있다.

[주소] 충북 청주시 흥덕구 직지대로 713

[전화] 043-201-4266

[운영] 09:00~18:00, 월요일 휴무



청주는 닥나무가 많아 질 좋은 한지를 많이 생산했던 곳이다. 덕분에 청주는 직지를 포함한 고인쇄 문화 발달에 중심이었다. 1883년 조선 고종 때 신문 발행을 위한 출판기관 '박문국'이 설치되며 근대식 인쇄문화가 시작되었다. 근현대 인쇄 전시관은 19세기 서양의 인쇄 기술이 전해진 후의 우리나라 인쇄술 발전과 역사를 한눈에 담을 수 있다.

[주소] 충북 청주시 흥덕구 흥덕로 104

[전화] 043-201-4285

[운영] 09:00~18:00, 월요일 휴무



동네 서점과 같은 편안함 속 역사여행 국립청주박물관

다른 박물관과 달리 딱딱한 분위기가 아닌, 마치 동네 서점과 같은 분위기와 편안한 전시가 눈에 띄는 박물관이다. 청주를 중심으로 충청북도 구석기시대에서 조선시대까지의 유물이 전시되어 있다. 주요 전시물로는 불교문화가 융성했던 통일신라시대에 만들어진 국보 불비상 2점과 범종이 있다. 세계에서 가장 오래된 금속활자 인쇄본 '직지심체요절'을 만든 곳인 흥덕사의 위치를 나타내는 쇠북도 눈길을 끈다. 직지에 대한 자세한 정보는 청주고인쇄박물관에서 확인할 수 있다.

[주소] 충북 청주시 상당구 명암로 143

[전화] 043-229-6300

[운영] 09:00~18:00, 월요일 휴무



훈민정음이 완성된 곳 초정행궁

미국의 샤스터, 독일의 아폴리나리스에 이은 세계 3대 광천수로 손꼽히는 초정약수는 탄산이 강하고 몸에 좋은 미네랄이 풍부해 눈병과 피부질환에 좋다고 알려져 있다. 조선왕조실록에 따르면 1444년 세종대왕은 초정에 행궁을 짓게 하고 121일간 머물며 국정을 돌보며 훈민정음을 완성했다. 세종대왕은 훈민정음 만드는 과정에서 급격하게 눈병이 심해졌다. 온양온천과 이천온천 요양에서도 효험을 보지 못했는데, 초정에 머물면서 효과를 보았다고 한다. 초정은 온천이 아니라 냉천이 특징으로 시원한 초정약수 족욕을 무료로 즐길 수 있다. 🇰🇷

[주소] 충북 청주시 청원구 내수읍 초정약수로 851

[전화] 043-270-7332

[운영] 09:00~18:00(동절기~17:00), 화요일 휴무



여행작가
허준성은?

한국여행작가협회 회원 / 저자 허준성은 10년째 캠핑카를 끌고 전국을 누비며 여행을 하다가 제주도로 이주한 4년차 이주민 / 국내외 여행 정보를 공유하고자 잡지 기고와 단행본 작업을 이어 가고 있다. / 저서로는 『프렌즈 제주』(2023), 『대한민국 드라이브 가이드』(2022), 『대한민국 자동차 캠핑 가이드』(2022) 등이 있다.

365일 24시간 잠들지 않는
고속도로 교통서비스 제공 기업



한국도로공사서비스



한국도로공사서비스는 고속도로를 이용하는 국민에게 통행료, 콜센터 및 교통방송 운영 등 서비스를 제공하는 공공 기업이다. 한국도로공사서비스는 고속도로 이용객의 만족을 위해 365일 24시간 문을 열어 전국 373개 영업소에서 고객을 맞이하고, 콜센터에서 고객의 소리를 듣고 있으며, 실시간 교통정보를 제공하고 있다. 본사는 경기도 성남시 수정구 창업로 57번길 11 소재의 한국도로공사 EX-스마트센터에 위치해 있다.

한국도로공사서비스 연혁

한국도로공사서비스는 2019년 5월 9일 회사를 설립하고 7월 1일 출범한 국토교통부 산하 공공기관이다. 고속도로 통행료 수납업무, 콜센터 상담업무 및 교통방송 업무를 수행하는 한국도로공사서비스는 기존 요금소 용역업체와의 계약이 종료되는 시점에 맞추어 2019년 6월 1일 31개 요금소, 동년 6월 16일 13개 요금소를 전환·운영해온 것에 이어, 동년 7월 1일부터 잔여 요금소 310개소를 전환해 한국도로공사가 관할 하던 354개 요금소의 통행료 수납업무를 한국도로공사서비스가 운영해오고 있다. 현재 전국 373개 영업소의 통행료 수납업무를 한국도로공사서비스가 총괄

하고 있으며, 한국도로공사가 관리하는 고속도로의 통행료 수납업무 외에도 민자고속도로인 부산~울산 고속도로, 서울~춘천고속도로, 천안~논산고속도로 등 세 곳의 민자고속도로 통행료 수납업무를 수탁 받아 운영 중이다. 이밖에 2019년 9월 1일자로 콜센터 상담업무를 인수하였으며, 2020년 6월에는 교통방송 센터까지 인수했다. 한국도로공사서비스는 교통요금 수납·과적단속·민원대응·교통방송 등 대국민 공공서비스를 제공하는 기관으로서 공공성과 책임성을 제고할 필요성을 감안하여 2021년 1월부터 기타공공기관으로 지정되었다.

국민 안전과 고객만족이 최우선의 가치

한국도로공사서비스는 국민들의 도로서비스 요구 수준을 빠르게 향상시켜 항상 신뢰받는 '최고의 도로교통 서비스 기관'이 되는 것을 목표로 하고 있다. 국민의 안전과 고객만족을 최우선 핵심가치로 빠른 변화에 대비한 교통서비스 혁신을 통해 대국민 서비스의 질을 높이기 위해 노력하고 있다. 또한 스마트 교통혁신을 통해 미래로 나아가고 있다. 스마트 고속도로 시대에 발맞춰 지속성장이 가능한 사업 인프라 확보, 교통방송센터 경쟁력 강화 등을 통해 수입구조를 다변화 하고, IT시스템 운영기반을 구축해 서비스 혁신을 선도하고 있다.



국민 행복의 길을 열어가는 사람들

한국도로공사서비스는 고속도로 서비스플랫폼을 통합관리하며 최상의 최고의 유료도로 서비스를 구현해내고 있다. 한국도로공사가 건설·설비·유지보수 등을 통해 더 안전하고 빠른 길을 만든다면, 한국도로공사서비스는 그 길을 편리하고 쾌적하게 이용할 수 있도록 고속도로에 관련된 서비스를 제공한다. 특히, 통행료 수납부문을 비롯해 다양한 고객서비스를 위해 현재 6,700여 명의 임직원이 국민 행복의 길을 열어가고 있다. 한국도로공사서비스는 공공기관 자회사 중 최대 규모로 업무 또한 특화 되어 있다. 봉내동 서울요금소부터 산간마을 작은 영업소까지 전국 10개 영업센터 373개 영업소에서 이뤄지는 통행료 수납, 고속도로와 관련된 모든 민원을 24시간 실시간으로 상담하는 콜센터, 국민의 안전과 소통을 책임지고 있는 고속도로 전문 교통방송센터까지 국민의 편익을 위해 365일 24시간 잠들지 않는 서비스를 실시하고 있다.



책임, 고객, 상생, 신뢰의 한국도로공사서비스

400여 개 외주 소속의 직원들이 하나의 소속으로 되기까지 그 여정은 결코 쉽지 않았다. 끊임없는 소통과 신뢰로 2019년 변화의 첫걸음을 마친 한국도로공사서비스는 또 다른 도약을 시작하고 있다. 먼저 지속 가능한 경영체계를 구축하고 있다. 이를 위해 합리적인 경영관리 시스템과 노사상생의 조직문화를 정착시켰다. 현재 6,700여 명의 직원 중 장애인 수는 1,250여 명으로 공공기관 의무 고용율의 6배에 달하는 국내 최고 수준이다. 지속적인 일자리 창출과 나눔은 물론 지역

사회와 상생을 통해 공공의 책임을 다하는 따뜻한 기업을 만들어 가고 있다. 특히 공공서비스 제공 기관으로서 사회와 함께 성장하고 발전하기 위해 다양한 사회공헌활동을 전개하고 있으며, 신뢰받는 기업이 되기 위해 전 임직원들이 사회적 책임을 다하고 있다. 또한 고객관리시스템과 안전서비스 역량강화들을 통해 대국민 서비스 품질을 높여 최상위 수준에 고객만족도를 달성해 나가고 있다. 아울러 통행료 수납체계를 효율화하고 현장 조직운영에 품질을 높여 미납통행료 징수를 강화하고 있다. 





제주환상자전거길

천혜의 아름다운 섬 제주, 자전거로 달린다

제주도는 유네스코가 인증하는 자연과학분야 3관왕(생물권보호구역, 세계자연유산, 세계지질공원)을 달성한 지역으로 교통량이 적은 해안도로와 일주도로 등을 최대한 활용하여 자전거길이 조성되었다.

자전거길은 김녕성세기해변, 함덕서우봉해변, 표선해변 등 아름다운 해변과 쇠소깍, 성산일출봉, 송악산 등 제주도가 자랑하는 관광명소 등을 경유한다. 특히 남원~김녕해변으로 연결되는 약 60km의 해안도로 구간은 바다와 인접하여 자전거 주행이 가능해 색다른 모미를 느낄 수 있으며, 영알해안, 한담해안도로, 신창풍차해안도로, 월령선인장단지, 법환바당 등 숨겨진 제주도의 명소 등은 자전거 이용자에게 또 다른 볼거리를 제공한다.



코스정보 용두암 ▶ 이호테우해변 ▶ 애월해안도로 ▶ 한림공원 ▶ 신창풍차해안도로 ▶ 수월봉 ▶ 모슬포 ▶ 송악산 ▶ 중문관광단지 ▶ 법환 ▶ 정방폭포 ▶ 쇠소깍 ▶ 남원 ▶ 표선해변 ▶ 성산 ▶ 김녕성세기해변 ▶ 함덕서우봉해변 ▶ 용두암

전체거리 234km

소요시간 15시간 30분

난이도



▲ 용연



▲ 애월해안도로



▲ 쇠소깍

용연

‘영주십경’의 하나인 ‘영연야범’의 장소이다. ‘용연’의 계곡물은 산등성이부터 바닷가로 흐르며, 바닥이 보이지 않을 정도로 깊다. 나무로 연결되어 있는 용연다리는 정자와 어우러져 있는 계곡의 절경을 구경할 수 있다. 가뭄이 들어도 물이 마르지 않는데, 용연에 사는 용이 승천하여 이곳 만큼은 비를 내리게 했다는 전설이 있다.

애월해안도로

제주특별자치도 북서부 끝의 해안을 따라 형성된 도로로 하귀리에서 애월리까지 이어진다. 제주특별자치도에 있는 여러 해안도로 중 가장 아름답기로 유명하다. 다양한 형태로 굴곡진 해안선을 따라 지그재그로 이어지는 총 길이 9km의 도로를 자동차로 달리는 동안 해안의 절벽과 하안파도, 드넓게 펼쳐진 맑고 푸른 바다 등의 절경을 감상할 수 있다. 해안도로 주변에는 이국적인 분위기의 레스토랑, 카페, 호텔, 민박이 많이 자리 잡고 있다.

쇠소깍

쇠소깍은 효돈천을 흐르는 담수와 해수가 만나 깊은 웅덩이를 만든다고 하여 이름이 붙여졌다. 쇠는 ‘쇠소깍이 위치한 효돈마을’을, 소는 ‘움푹한 물웅덩이’를, 깍은 ‘끝’을 뜻한다. 여기는 민물과 바닷물이 만나는 곳이기 때문에 각종 나무들이 우거져 계곡에 온 기분을 느낄 수 있다. 제주도의 전통 배인 테우를 타면 쇠소깍만의 신비한 매력을 더욱 잘 느낄 수 있다.

참고자료

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

(다음 호에 계속) - 자전거 도로 정보 제9편

탄소중립으로 가는 길, RE100과 CF100

정택중 | 한국RE100협의체 의장, (사)한국에너지융합협회 대표

기후위기가 우리 목전까지 다가왔다.

산업혁명 이후로 석탄을 주에너지원으로 산업을 가속시켜온 인류의 활동이 기후재난이라는 모습으로 우리에게 다가오고 있으며, 이는 어느 일부 국가에 국한되는 문제가 아닌 전세계 문제가 되었고, 더 이상의 남의 일의 아닌 우리의 현실이 되었다.



기후 위기를 넘어 재난을 불러오고 있는 원인은 지구 온난화를 일으키는 온실가스 배출이 늘어나고 있기 때문이며, 주로 석탄 같은 화석연료의 사용에 있다고 하겠다. 국내의 경우 2021년 기준 6억 8천만 톤의 온실가스를 배출하고 있는데, 온실가스를 배출하는 분야로 에너지 분야가 전체의 87%에 달할 정도로 높아, 에너지 분야에서 친환경 에너지원으로 전환을 이뤄내지 못하면 우리가 목표로 삼고 있는 2030년 NDC 40% 달성과 2050 탄소중립 실현은 요원해질 수 밖에 없다.

우리나라는 대표적인 산업국으로 제조 비중이 높고, 제조 산업이 중심이다 보니 에너지를 많이 쓸 수 밖에 없는 구조를 갖고 있다. 에너지 다소비 국가로서 우리나라는 한편으로는 산업강국의 위상을 높여왔지만, 다른 한편으로는 온실가스 다

배출 국가로의 오명을 쓰고 있다. 국가별 배출량에서 중국, 미국, 인도, 그리고 유럽에 이은 5번째 국가이며, 인당 배출량은 미국에 이어 두 번째로 많은 나라이다. 국제사회에서 한국을 “기후 약당”이라 부르고 있다.

에너지 다소비 품목인 중화학공업을 육성하여 수출 중심의 경제 구조를 갖고 있는 우리나라는 저렴하고 안정적인 전력공급이 국가의 중요한 목표였고, 이를 위해 전력 산업은 국가의 중요 인프라 산업으로 지원 역할을 톡톡히 해 온 것도 사실이다.

이러한 인프라 산업으로 자리잡은 전력시장에 외부로부터의 변화의 압박이 나타난 것은 지난 2014년 시작된 글로벌 RE100 캠페인의 여파가 국내에도 상륙했기 때문이다. 기후 위기 대응을 위해 영국의 기후변화 NGO인 CDP와 The



Climate Group은 2050년까지 기업이 사용하는 전기를 재생에너지로 바꾸자는 RE100 이니셔티브 캠페인을 시작하였고, 전 세계 많은 기업들이 동참하면서 세계 시장에 진출해 있는 국내 기업들에게도 영향을 미치게 된 것이다. 2023년 10월 현재 가입회원은 420여 개에 달한다.

또한, 파리기후 변화 협약 이행을 목적으로 과학적 근거에 기반해 기업들의 온실가스 감축 목표 설정을 돕고, 이를 검증하고 공식적으로 승인해주는 민간 차원의 또 다른 글로벌 이니셔티브인 SBTi(Science Based Targets initiative)도 기업들의 자발적인 탄소 감축 활동과 함께 이들에게 제품을 공급하는 공급망에 있는 기업들(Scope 3)에게도 탄소 감축활동을 권고하면서 우리 기업들에 대한 외부의 친환경 압박이 점차 강도를 더하

고 있다. SBTi에 가입한 기업은 2,300여 개로 포춘 500대 기업 절반이 참여하여 실행하고 있는 강력한 탄소감축 이니셔티브이다.

탄소를 감축하는 방법에는 여러 가지가 있다. 요즘 우리가 많이 듣고 있는 탄소중립에 대해 잠깐 살펴보자면, 어떤 제품을 생산한다고 할 때 우리는 생산 과정마다에서 에너지를 사용하고 있고, 전기, 가스, 석유 등의 에너지를 사용하는 과정에서 이산화탄소를 배출하게 된다. 이렇게 배출되는 이산화탄소는 에너지 효율화나 생산성 향상을 통해서 최대한 감축시켜야 하지만, 100% 감축할 수는 없기 때문에 상쇄할 수 있는 방안을 찾아야 한다. 대표적인 상쇄 방법이 재생에너지를 통한 전력 확보이며, 이산화탄소를 흡수하는 숲을 가꾼다든가, 기술적인 방법으로 이산화탄소를 포집

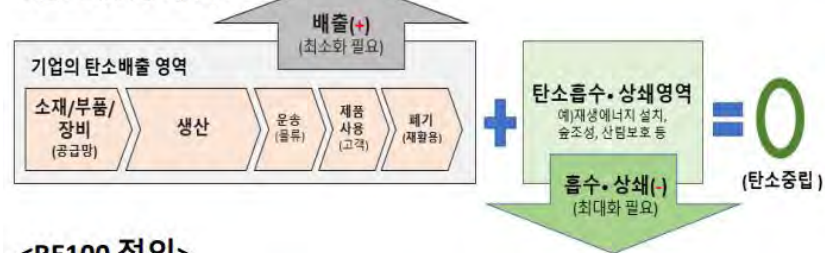
하는 CCUS 방법을 활용할 수 있다. 이렇게 모든 생산 과정에서 배출하는 배출총량(+)과 이를 상쇄하기 위한 모든 활동을 통해서 만들어지는 상쇄량(-)을 영(0, Zero)으로 만드는 것을 탄소중립(Net Zero)이라고 말한다.

탄소 배출을 줄이는 방안 중 하나가 RE100이며, RE100은 좌측 그림에서 보여주는 바와 같이, 기업들의 생산활동에서 사용하는 에너지 중 전기에너지를 재생에너지로 충당하자는 것으로 탄소 배출을 줄이는 방안 중의 하나일 뿐이다, 다만, 이산화탄소를 가장 많이 배출하는 생산 영역의 전기에너지를 전환하자는 것으로 실제적인 감축 효과 측면에서 본다면 어떤 방법보다 가장 확실한 감축 방법이라 할 수 있다.

그리고, 또 하나의 개념이 CF100, 즉 100% 무탄소 전원을 의미하며, CF100의 개념에는 24/7, 즉 24시간 7일 내내 무탄소 전원을 공급한다는 목표를 가지고 있다. 궁극적인 목표이지만, 결코 실현 가능성이 매우 희박한 이상적 목표라 할 수 있다. 그렇다면, 왜 이러한 운동이 펼쳐지고 있을까? 24/7 CF100 이니셔티브를 주도하고 있는 구글의 경우를 살펴보자면, 구글은 이미 2018년에 RE100 이행을 달성했으며, 이를 위해 매년 엄청난 양의 재생에너지를 구매하고 있다. 하지만, RE100은 직접 무탄소 전원을 직접적으로 공급하는 것이 아니라, 제3의 지역에 있는 재생에너지를 전력망을 통해서 공급받기 때문에 진정한 의

미의 무탄소 전원이라고 할 수 없다. 이에 구글은 RE100의 한계에서 더 나아가 진정한 의미의 무탄소 전원을 실시간으로 공급해 보겠다는 도전적인 목표를 설정하였고, 이를 통해 구글의 기술우위를 만천하에 펼쳐 보이며 기업의 가치를 높일 그런 내부 목표를 가지고 있었을 것으로 추측한다. 구글은 IT기업으로 전력 사용량이 많지 않다. 주 전력사용처는 빌딩과 데이터센터로, 반도체나 디스플레이 공장같이 대규모의 전력량을 필요로 하지 않고, 전력 안정성에 대한 요구 조건도 반도체 라인 만큼 높지 않다. IT 기업으로서 최고의 기술을 확보하고 검증하고픈 욕구가 있을 수 있다고 본다. 그렇기 때문에 CF100에 가입한 110여 개의 기업들도 RE100과 같은 전력 다소비 기업보다는 CF100 솔루션을 제공하고자 하는 IT 기술 기업이 70~80%에 달하는 이유이기도 하다.

<탄소중립 개념>



<RE100 정의>



우리나라에서는 최근 CFE(Carbon Free Energy) 포럼이 출범하고, 국제적인 이니셔티브로 인정받

기 위한 제안을 했다. RE100이 아닌, CF100을 정부의 주요 탄소중립 철학으로 삼았다고 할 수 있다. 이유는 국내 재생에너지 여건이 다른 나라에 비해 열악하기 때문에 무탄소전원에 재생에너지 뿐만 아니라, 원전과 수소, 그리고 탄소포집(CCU) 기술을 포함시키자는 것이다.

언뜻 보기에 그럴듯해 보이지만, 국내 상황을 보자면 안타까운 측면이 없지 않다. 왜냐하면, RE100과 CF100은 우리가 탄소중립으로 가는 길에서 상호 보완적으로 협력해야 하는 캠페인임에도 불구하고 다분히 경쟁적인 측면이 강조되고 있기 때문이다. 두 캠페인의 공통점은 기후 위기 극복을 위한 이산화탄소 저감을 위해 탄소중립을 넘어 무탄소시대로 가자는 것으로 선후차의 문제만 있을 뿐이지 상대적인 개념이 아니다.

CF100을 주도하고 있는 구글의 모습에서 해결의 실마리를 찾을 수 있다. 탄소중립을 위해 쉽고 선제적으로 할 수 있는 RE100을 달성하고, 탄소중립을 온전히(?) 달성하기 위해 24시간 내내 무탄소 전원을 공급하는 24/7 CF100에 도전하는 것이다.

다만, RE100과 CF100에는 몇 가지 차이가 있는 것도 명백하다. CF100이 기술적 이슈이고, 궁극의 목표, 철학의 문제라면, RE100은 통상 이슈이고, 일자리 이슈이다. RE100에 가입한 기업들의 자사에 납품하는 공급망 기업들에게 재생에너지 사용을 권고하고 있기 때문이다. 수출 중심의

제조 산업을 국가 기본틀로 유지하고 있는 대한민국에서 통상의 이슈를 거부할 수는 없을 것이다. 문제는 여기에서 발생한다. RE100을 위해서는 재생에너지를 사용해야 하지만, CF100에는 국내의 현실성을 이유로 원전의 포함을 중요 목표로 삼고 있다. 불행히도 RE100에서 원전은 우리나라 등의 방사선 물질을 사용하기 때문에 지속 가능하지 않다고 규정하고 있으며, 기후 재난을 극복하기 위한 시간이 촉박하기 때문에 건설에서 가동까지 상당한 시간이 소요되는 원전을 재생에너지 범주에 포함시키지 않았다.

최근 전기차 시장이 급부상하면서 이차전지 산업이 지속적으로 성장하고 있다. 우리나라는 2차전지 산업에서 중국, 일본과 경쟁하고 있는 위치에 있으며, 최근 저가 공세로 시장 점유율을 높이고 있는 중국으로 인해 글로벌 산업경쟁력이 위기에 처해 있다. 시장 확대에 따른 공장 증설이 잇따르고 있고, 새만금이 증설 부지로 각광을 받으며 7조 원 규모의 투자유치를 달성하였다. 2차전지를 필요로 하는 기업들은 주로 해외의 전기자동차 제조사들로 RE100과 SBTi에 가입하여 탄소 감축 활동에 적극적인 기업들이다.

만약 우리나라에서 재생에너지 공급이 적기에 이뤄지지 않는다면 어떤 일이 벌어질까? 화석연료로 가동하여 이산화탄소를 내뿜으며 생산한 이차전지 관련 제품들은 고객을 찾지 못하고 공장 한켠에 쌓이기 시작할 것이며, 점차 공장의 가동률

은 떨어질 것이다. 이에 위기를 느낀 경영진은 제3의 공장 부지를 모색할 것이며, 첫 번째 후보지로 재생에너지 활용이 쉬운 해외 지역으로 공장 이전을 검토할 것이며, 이렇게 공장이 해외로 이전하게 되면 결국 우리 국민들이 일할 일자리는 점차 감소할 수밖에 없다.

기후 위기에 대응하는 글로벌 스탠다드는, 기후 위기를 더 이상 비용(Cost)으로 생각하지 않으며, 기후 위기를 극복할 기술 개발을 통해서 산업생태계를 만들고 일자리를 창출하는 투자(Invest) 쪽으로 방향을 잡아 가고 있다. 유럽의 탄소국경조정세(CBAM)와 미국의 인플레이션감축법(IRA)이 대표적이라 하겠다.

RE100은 단순히 통상만의 문제가 아니다. 다국

적 글로벌 시대의 기업들은 세계 여러 나라에 생산기지를 둬으로써 국가별 수요에 대응하며 성장 전략을 구사하고 있다. 국내에서 만들 수 없으면, 해외 공장에서 만들면 되기 때문이다. 그렇기 때문에 단순히 통상에 한정된 문제가 아니다. 좀더 정확하게 표현하자면 이는 일자리 문제이며, 국가 경제의 문제이다. 정부에서 대응해야 하는 문제인 것이다. 더 이상 RE100이나 CF100이나의 논쟁이 아닌, 무엇이 기업을 살리고, 일자리를 지키는 일인지를 명확히 인지해야 한다. 재생에너지를 공급하는 재생에너지 산업뿐 아니라, 우리 수출 기업들의 국제 통상 경쟁력을 키우고 국내 산업을 지원함으로써 일자리를 지키고 창출하는 지혜가 오늘 우리에게 필요해 보인다. 



동물 찾길사고는 줄이고 이동은 쉽게!



'생태통로'란?

도로와 철도 등 각종 개발사업으로 인해 단절된 생태계를 연결·복원하고, 야생동물의 원활한 이동을 돕기 위한 목적으로 설치된 것으로, 2023년 10월 기준, 전국에 564곳이 설치되어 운영 중에 있습니다.



생태통로 지침, 이렇게 개선됩니다!

- ① **연결성 강화** 생태통로 진출입로와 주변 서식지가 자연스럽게 연결되도록 평균 경사도 기준 신설
- ② **육교형 생태통로(도시 외 지역)** 최소 설치 폭 7m → 10m 확대
- ③ **보행자 겸용 생태통로(도시 지역)** 30m → 10m로 합리적으로 개선하되 차단벽 설치로 보행자와 야생동물 이동 동선 분리
- ④ **터널형 생태통로** 분류군에 관계없이 개방도 0.7 이상으로 설치 기준 일원화
- ⑤ **유도울타리 생태통로** 이용 유도를 위해 높이기준 개선과 연장 기준 신설

01



02

생태통로란?

도로와 철도 등 각종 개발사업으로 인해 단절된 생태계를 연결·복원하고, 야생동물의 원활한 이동을 돕기 위한 목적으로 설치된 것으로, 2023년 10월(기준) 전국에 564곳이 설치되어 운영 중에 있습니다.



03

생태통로 지침, 이렇게 개선됩니다

연결성 강화

생태통로 진출입로와 주변 서식지가 자연스럽게 연결되도록 평균 경사도 기준 신설

육교형 생태통로 (도시 외 지역)

최소 설치 폭 7m → 10m 확대

보행자 겸용 생태통로 (도시 지역)

30m → 10m로 합리적으로 개선하되 차단벽 설치로 보행자와 야생동물 이동 동선 분리

생태통로가 본연의 기능을 발휘해 야생동물 서식지 간의 연결성을 높이고 동물 찾길사고 예방으로 운전자의 안전도 지킬 수 있도록 개선하겠습니다.

04

생태통로 지침, 이렇게 개선됩니다

터널형 생태통로

분류군에 관계없이
*개방도 0.7 이상으로
설치 기준 일원화

유도울타리

생태통로 이용
유도를 위해
높이기준 개선과
연장 기준 신설

* 통로의 입구 단면적(폭×높이)을 길이로 나눈 수치. 개방도가 높을수록 종다양성도 높아짐

05



(출처 : 환경부)

겨울철 도로 위 암살자, 블랙 아이스

날씨가 추워지면서 도로 위의 암살자 '블랙 아이스'가 발생하고 있습니다.



블랙 아이스

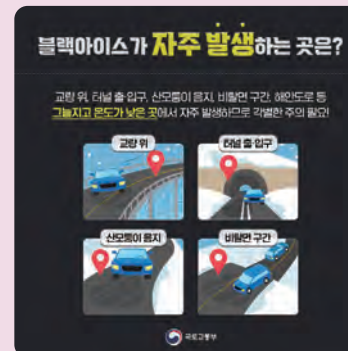
결빙 의심구간에서 블랙아이스 사고가 없도록 속도를 꼭 줄이고 예방법을 준수해 주세요!



Q
A

블랙 아이스(Black Ice)란?

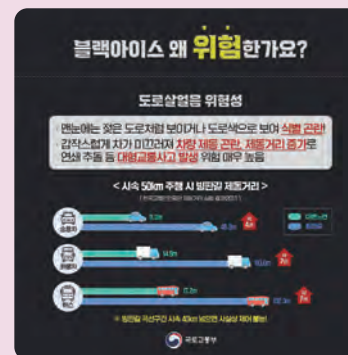
빙판 또는 살얼음판, 도로 표면에 코팅한 것처럼 얇은 얼음막이 생기는 현상



Q
A

블랙 아이스가 자주 발생하는 곳은?

교량 위, 터널 출입구, 산모퉁이 음지, 비탈면 구간, 해안도로 등 그늘지고 온도가 낮은 곳에서 자주 발생하므로 각별한 주의 필요!



Q
A

블랙 아이스, 왜 위험한가요?

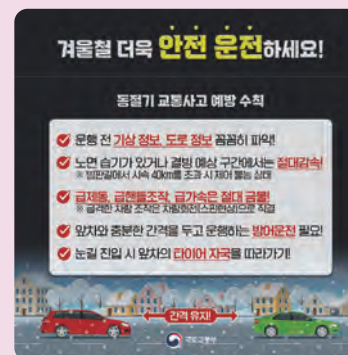
맨눈으로는 젖은 도로처럼 보이거나 도로색으로 보여 식별 곤란, 갑작스럽게 차가 미끄러져 차량 제동 곤란, 제동거리 증가로 연쇄 추돌 등 대형교통사고 발생 위험 매우 높음



Q
A

블랙 아이스에 차량이 미끄러졌다면?

- 결빙 구간에서 타이어가 미끄러지면, 핸들은 미끄러지는 방향으로 핸들 돌리기(미끄러지는 쪽과 반대로 핸들 조작 시 차량 회전(스핀 현상) 심화)
- 브레이크는 한 번에 세게 밟지 않고 여러 번 나눠 밟기
- 미끄러지던 차가 멈췄다면, 즉시 비상등을 켜 후 뒤따라오던 차량들의 위치 파악!



Q
A

동절기 교통사고 예방 수칙

- 운행 전 기상 정보, 도로 정보 꼼꼼히 파악!
- 노면 습기가 있거나 결빙 예상 구간에서는 절대 감속!
(빙판길에서 시속 40km를 초과 시 제어 불능 상태! 급제동, 급핸들 조작, 급가속은 절대 금물!)
- 급격한 차량 조작은 차량 회전(스핀현상)으로 직결!
- 앞차와 충분한 간격을 두고 운행하는 방어운전 필요!
- 눈길 진입 시 앞차의 타이어 자국을 따라가기!

(출처 : 국토교통부)

안희중 변리사의 직장인 특허상식

제1편

기술로 변화되는 삶



1. 기술로 변화되는 삶

개인적으로 세상 참 좋아졌다고 느낀 적이 있다. 2005년에 처음으로 MP3와 사진이 찍히는 핸드폰을 아버지로부터 물려받았다. 핸드폰으로 음악을 들을 수 있다니 정말 세상 참 좋아졌다고 느꼈다. 세월이 지나 스마트폰을 보고 한번 더 놀라고, 2022년 11월 CHATGPT의 등장에 또 한번 놀랐다. 개인적 경험이지만 모두 기술로 내 삶이 변화되는 순간이다. 기술을 개발한 사람을 알지는 못하지만, 그들이 열과 성을 다해 개발한 기술로 인해 우리의 삶이 진일보했다는 것이 느껴진다. 과거와 달리 이제, 열과 성을 다해 개발한 기술 대부분이 특허로 보호된다. 과거엔 불법에 대한 인식도 없이, 다른 사람이 개발한 기술이나 제품을 똑같이 베끼는 일이 흔했다. 그러나 전 세계적으로 지식 재산권에 대한 인식이 강해진 지금은 최소한 똑같이 베끼는 일은 거의 없다.

2. 연재 목차 및 기획 의도

지금도 누군가는 기술을 개발하고, 그 기술로 인해 삶이 변화되고 있을 것이다.

본 연재는 도로교통 분야의 기술을 중심으로 지금도 열과 성을 다해 기술을 개발하여 사람들의 삶을 변화시키려는 기업 및 개발자, 그리고 그 기술을 사용하는 소비자에게 기술과 특허의 차이점과 효과적인 특허권 확보 및 활용의 이해를 돕기 위해 기획하였다. 본 기사는 총 4편으로 연재할 예정이며, 첫 번째로 기술로 변화되는 삶이다. 중소기업 기술로드맵을 소개하고, 스마트시티 기술을 중심으로 소개한다. 두 번째로 도로교통 분야에서의 건설 및 교통 신기술 등을 살펴볼 예정이다. 세 번째로 특허 개발과 그 효과에 대해 살펴본다. 특허는 기술문서이면서 동시에 권리문서로 기술 문서인 설계도 또는 제품 등과는 다른 점이 많기 때문에 이에 대해 살펴본다. 마지막으로 특허권을 취득한 기업이 슬기롭게 특허권을 활용할 수 있는 방안을 살펴본다.

3. 중소기업 기술 로드맵을 중심으로

횡단보도 불빛과 소리를 통해 보행자를 유도하는 것을 볼 때면, 교통사고 발생을 줄이기 위한 기술이 참 많이 발달되었다는 것을 느끼게 된다. 그러나 상대적으로 ICT 기술에 비해 도로교통 기술 분야의 기술 발전을 주변에서 찾기란 어려운 일이다.

우리나라에서는 중소기업의 기술 역량을 강화하기 위해 유망기술 신성장 아이템 제시, 중소기업 미래 먹거리 발굴, 전략적이고 지속적인 미래기술 개발 등의 가이드라인을 제시하는 중소기업 기술로드맵을 발표하고 있다. 도로교통 분야의 기술 발전이 어떻게 전망되고 있는지를 살펴보기 위해 중소기업 기술 로드맵을 조사해보니, 사회안전망 구축 카테고리 내 스마트시티 기술 중 스마트 모빌리티 교통 정보시스템을 도로교통 분야 기술로 제시하고 있었다.

물론, 중소기업 기술 로드맵에 언급되어야만 지속성장 가능성이 있는 것은 아니다. 하지만 분명한 것은 국가에서 도로교통 분야의 미래 기술을 어떻게 보고 있는지에 대해 정보는 얻을 수 있다. 스마트시티에 대한 정의는 시공간의 제약없이 첨단정보통신기술(ICT)을사용하여 도시 내 교통, 환경, 주거, 시설 등 일상생활에서 문제를 해결하고 친환경에너지 도입을 통한 미래 지향적 도시를 이뤄 시민들의 삶의 질을 향상시키는데 목적을 두고 있다.

특히, 도로교통과 관련된 스마트 모빌리티 교통 정보시스템의 경우도 스마트시티의 기술적 개념이 동일하다. 마찬가지로 첨단 ICT 혁신 기술을 기반으로 자동화, 전기화, 통합화, 공유화, 맞춤형화된 새로운 교통체계 및 서비스를 일컫는 말로 스마트 교통수단, 통합모빌리티, 공유교통 모두를 포함하는 것으로 정의된다.



개인적으로, 종래 제품이나 서비스에 감지기(센서)와 통신을 접목시켜 데이터를 추출하여 사람들이 신경을 쓰지 않고 돌아가는 시스템 또는 플랫폼을 구축하는 것이 기술의 핵심으로 생각된다.



따라서, 이미 제품과 시스템을 갖춘 기업이나 새롭게 시장에 진입하려는 기업 모두 제품과 서비스에 어떻게 IoT 기술을 접목할지에 대한 고민이 필요해 보인다.

4. 결론

특허의 측면에서 고려해볼 때, 기존의 제품이나 서비스, 시스템에 IoT를 접목했다는 사실만으로는 특허권으로 등록될 수 없다. 그러나 기존 제품에 IoT를 위한 센서 등을 접목하기 위한 구체적인 구조나 형태 등이 정해지는 경우에는 특허가 가능하다.



서비스나 플랫폼의 경우에는 IoT로 얻은 데이터나 정보를 어떠한 기준으로 판단하여, 판단한 내용에 따라 결과물이 달라지게 될 때 의미가 있다. 즉, 입력되는 정보가 다양하더라도, 일정한 기준에 의해 분류되어 결과가 예측 가능하게 될 때 특허권으로 등록될 수 있다고 생각한다.

개인적으로, IoT 기술을 기반으로 이를 분석하고 사용자에게 정보를 주는 시스템이나 플랫폼 기술이 현재 주목을 받고 있지만, 결국은 사람이 자동차를 이용하여 도로교통 신호를 따르는 주체라 생각된다. 따라서, 전통적인 도로 시설물이나 도로공사 방법, 교통정보시스템 등이 먼저 개발된 상태에서 사람의 편의성과 안전성, 효율성을 높이기 위한 기술로 IoT 등이 접목되어야 할 것이다. 휴대폰에서 스마트폰까지의 역사와 마찬가지로 도로교통 분야에서도 스마트시티로 혁신이 이루어지고 있다. 스마트시티가 본격화된다면, 도로교통 분야에서도 급격한 기술 개발로 인해 삶이 변화할 것이다.

특히, 기업의 입장에서 경쟁이 더욱 치열해질 것이다. 과거에 영광을 누리던 기업일수록 새로운 패러다임에 둔감해지면 위험하다. 이때, 치열한 경쟁속에서 경쟁우위를 점하고 진입장벽을 만드는 요소가 특허권이 된다. 이것이 우리가 특허권에 신경을 써야 하는 이유이기도 하다.

다음 연재에서는 교통신기술, 건설신기술을 통해 기술 경쟁우위와 진입장벽을 만든 사례들을 살펴본다.

안희중 | 변리사

2007~2010 : 삼성중공업 / 2013~2016 : 팬코리아특허법인 / 2016~2020 : 안진특허사무소 / 2020~ : 정혜국제특허법률사무소

▷ 주요분야 : 국제출원, 특허권, 분야별 특허, 실용신안권, 디자인권, 상표권, 저작권, 특허관련 심판/분쟁/소송 등
▷ 회사위치 : 경기 화성시 동탄대로 636-3 (영천동) 메가비스타워 C동 405호



NEW BOOKS & TECH

도로교통 분야의 새로운 책, 건설기준, 보고서, 신기술, 제품 등을 소개하는 콘텐츠입니다.

토목, 인생, 무엇이 궁금해?

The 1st "Civil Women's March"

여성 토목인의 성공과 실패, 도전과 성장, 열정과 헌신의 이야기



발행일 2023년 10월 12일
저 자 대한토목학회 여성기술위원회
감 수 문지영
발행처 KSCEPRESS
정 가 18,000원
면 수 268쪽

책소개

건설 분야는 여전히 남성 중심의 분야라는 인식이 강하게 자리 잡고 있다. 하지만 이러한 한계를 뛰어넘는 창의성, 기술력, 리더십을 보여주는 다수의 여성 토목인들이 있다. 이 책은 이렇듯 각자의 분야에서 최고로 꼽히는 12명의 여성 토목인의 진솔하고 소중한 경험들을 싣고 있다. 대학(원) 시절과 취업, 진로 그리고 실무 등에서 후배들이 궁금해할 만한 질문에 따뜻한 선배의 조언 혹은 엄격한 가르침을 담은 그 어디에서도 들을 수 없었던 여성 토목인들의 생생한 조언이 담겨 있다. 이 에세이집은 미래 세대에게 여성이 건설 분야에서도 뛰어난 역할을 할 수 있다는 것을 증명하며, 더 많은 여성들이 꿈을 향해 나아갈 수 있도록 동기 부여와 함께 여성들이 건설 분야에서 더욱 높은 위치에 서기 위한 첫걸음이 될 것이다. 토목이 낯설고 생소하거나 전공 선택의 갈림길 혹은 토목의 길을 가고 있지만 어려움에 있는 후배들에게, 여성 토목인으로서의 도전과 성공이 담긴 이 책이 어떤 어려움이라도 극복할 수 있다는 희망의 메시지가 되기를 바란다.

목차

- 격려사 허준행 (대한토목학회 회장) /
손성연 (대한토목학회 여성기술담당 부회장)
서 문 정건희 (대한토목학회 여성기술위원회 위원장)
1 대학(원) 생활이 궁금해요 : 꿈 많고 순수했던 대학 시절
2 취직이 궁금해요 : 내 꿈을 펼칠 그곳
3 진로가 궁금해요 : 토목공학의 미래를 묻다
4 필요한 전공기술이 궁금해요 : 나는 준비된 사람입니다
5 선배님들의 인생이야기가 궁금해요 : 긴 마라톤을 완주하는 법
6 여성엔지니어로서의 고민이 궁금해요 : 성별을 뛰어넘는 대결



저자소개



김선미



김연주



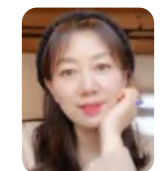
김정화



김형숙



김혜란



박소연



손순금



윤성심



이효진



장근명



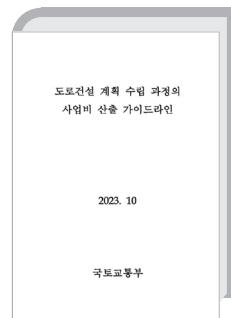
정경자



황은아

대한토목학회 여성기술위원회는 2004년에 토목 분야 여성 기술인들의 권리 증진과 네트워크 구축 등을 목표로 대한토목학회(1951년 설립)의 위원회로 설립되었다. 초대 위원장으로 당시 현대건설 김선미 과장이 위촉되었으며, 그 이후 조미라 박사(당시 중앙대학교), 손성연 대표(씨앤씨종합건설), 임소영 교수(서일대학교) 등이 위원장직을 수행해 왔으며, 현재는 호서대학교 정건희 교수가 위원장을 맡고 있다. 대한토목학회 약 29,334명의 회원 중 4.3%인 1,268명의 여성회원이 활동하고 있는 여성기술위원회는 시공·설계 등 산업체와 학계 등 다양한 분야의 여성 회원들이 각 분야의 리더가 될 수 있도록 관계를 형성하고, 영감을 주기 위한 다양한 활동을 하고 있다. 대표적으로 WSET(한국여성과학기술인지원센터)에서 지원하는 사업인 '여대학(원)생 공학연구 팀제사업'을 매년 수행하며, 토목공학전공 여성 대학원생들의 연구 지원을 하고 있으며, 여성과학기술단체총연합회에서 지원하는 단체지원사업 수행을 통해 여성 토목인 대상 멘토링 사업, 여성 리더들의 특강 지원, 현장 견학 등을 꾸준히 수행하고 있다. 2023년에는 단체지원 사업의 하나로 첫 번째 여성 토목기술인 에세이집 (Civil Women's March 1) '토목, 인생, 무엇이 궁금해?'를 출판했다.

2024년에는 두 번째 에세이집이 출간될 예정이다.



도로건설 계획 수립 과정의 사업비 산출 가이드라인 발간

국토교통부에서 도로건설 계획 수립 과정의 사업비 산출 가이드라인을 발간했다. 본 가이드라인은 도로 건설계획 수립 때부터 기본적으로 갖춰야할 요건을 검토함으로써 계획 단계 및 예비타당성조사 이전단계에서 적정 사업비를 제시하고 검토하는데 그 목적이 있다. 본 가이드라인은 최초 사업비가 결정되기 전인 사전타당성조사, 도로법 제6조(도로건설·관리계획의 수립 등)에 의한 도로건설계획수립 과정 등에서 고속국도, 국도, 국도대체우회도로, 국가지원지방도 계획 시 적용할 수 있다.

(출처 : 국토교통부)



중대재해처벌법(중대시민재해) 해설서 발간

국토교통부가 시설물 및 공공교통수단 등 중대시민재해 관련 중대재해처벌법 해설서를 발간했다. 본 해설서는 국토교통 분야의 공중이용시설 및 공공교통수단을 운영하는 기업 또는 기관이 중대재해처벌법 및 같은 법 시행령에 따른 의무를 이행하는 데 참고할 사항과 적용 예시 등을 정리하였다. 관련 기업 및 기관은 특성에 따라 공중이용시설 또는 공공교통수단의 유형 및 규모 등을 종합적으로 고려하여 활용할 수 있다.

(출처 : 국토교통부)



'디지털 미래한국 새 판을 짜자' 발간

국토교통부 2차관을 지낸 김정렬 전 LX국토정보공사 사장이 각종 국정현안에 대한 정책 대안을 담은 저서인 '디지털 미래한국 새 판 짜자'를 발간했다. 이 책은 중앙부처에 오랫동안 근무한 저자가 교통, SOC, 주택, 도시, 해외건설, 국가부채 및 재정, 소득양극화, 교육 등 일반인들이 쉽게 이해하도록 정책과제의 실태와 실례, 쇄신방안 등을 제시하였다.

(출처 : 201Factory)



교통신기술-59호

(2023. 11. 10 지정)

실란커플링제가 함유된 아크릴 수지를 이용한 상온경화형 초속경 차선공법

교통신기술 59호는 정격 및 치수가 정해진 LED 교체형 표준 모듈의 규격 내에서 PCB 렌즈를 체결하는 나사의 위치를 기존의 중앙에서 양측으로 이전하여 LED 실장 수량을 증가시키는 기술과 공기흐름을 방해하는 유로를 구축하여 와류현상을 유도하는 방열판을 적용한 도로조명 등기구 기술이다.

(개발자 : ㈜코리아반도체조명)



교통신기술-60호

(2023. 11. 24 지정)

실란커플링제가 함유된 아크릴 수지를 이용한 상온경화형 초속경 차선공법

교통신기술 60호는 실란커플링제가 함유된 아크릴수지와 설펜산 이온 반응 수지가 함유된 비드형 경화촉진제를 10:1의 비율로 동시에 살포시켜 차선도막의 내면 및 표면의 빠른 경화 반응과 유리알 보존 기능을 향상시켜 장기간 시인성을 유지하는 초속경 상온경화형 차선도색 공법이다. (개발자 : 대한로드라인페인트㈜)

(개발자 : 대한로드라인페인트㈜)



건설신기술-977호

(2023. 12. 8 지정)

침투수 배수능력이 적용된 높이 선택형 집수구와 선시공 앵커를 이용한 안전벨트걸이형 교량 배수시설 설치공법

건설신기술 977호는 교량 배수시설을 설치함에 있어서, 교량 노면수 및 포장 내 발생한 침투수의 원활한 배수를 위해 높이선택형 집수구를 도입하고, 바닥판 콘크리트 타설 전에 설치되는 선시공 매립형 앵커 및 앵커에 연결되는 배관 지지대를 포함하는 교량 배수시설 설치공법이다.

(개발자 : ㈜모아산업, 추용대)



건설신기술-978호

(2023. 12. 11 지정)

실시간 위치추적장치(RTK-GNSS)와 사진정리시스템을 이용한 절토사면의 현장조사 및 분석기술

건설신기술 978호는 실시간 위치추적장치인 RTK(Real Time Kinematic) - GNSS를 기반으로 구성된 시스템을 활용하여 사면내의 점검자와 손상구간의 위치를 실시간 동기화하고 현장조사, 손상물량 산출, 손상부 사진 촬영 및 정리, 전자손상 비교 등이 가능하여 자료정리 및 이력관리를 용이하게 할 수 있는 절토사면 현장조사 및 상태평가 시스템이다.

(개발자 : ㈜청운구조안전연구원, 백양엔지니어링㈜)



건설신기술-979호

(2023. 12. 11 지정)

해상입도조정골재다짐말뚝(M.A.C.P) 공법

건설신기술 979호는 입도조정골재를 사용하고, 기존 장비인 힌지 개폐장치의 공기 가압 수동 조정으로 인한 이토 유입, 다짐말뚝 절단 등의 시공품질 개선을 위해, 볼타입 케이싱 및 자동 공기 조절장치를 구비한 다짐말뚝 장비를 이용하여, 지반의 강도 증가 및 보강을 위하여 연약지반 내부에 입도 조정골재 다짐말뚝을 형성시키고, 압밀축진을 위한 연약지반 내부의 수직배수재 역할을 하는 도조정골재 배수 기둥을 형성하는 해상 연약지반 개량공법이다.

(개발자 : 초석건설산업㈜, ㈜한국항만기술단, ㈜세광종합기술단, ㈜은성오앤씨)

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

우리가 알아야하는 시설물 이야기!

국토안전관리원 공식 유튜브를

통해 알아보자

우리는 하루에 얼마나 많은 시설물을 이용할까?
우리가 알아야하는 시설물 이야기!
성능 중심 유지관리 체계는 또 뭐지?
영상과 그림을 통해 알아보자!

동영상은 QR코드를 통해 확인!!

출처 : 국토안전관리원 공식 유튜브

주소 : <https://www.youtube.com/watch?v=gYZulfqVmiU>



한강 50m 아래,
하루 20m까지 터널을 뚫는 사람들!

두더지가 있다?!

과연 그 정체는?!

김포 · 파주 한강터널!
물이 흐르는 한강 아래!
안전하게 터널을 뚫고 나가는 장비가 있다?
17년차 두더지 터널 공사 매니저와 함께
TBM에 대해 알아보자!

동영상은 QR코드를 통해 확인!!

출처 : 국토교통부 공식 유튜브

주소 : <https://www.youtube.com/watch?v=Q0GqkZC8Vvk>



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	도로교통협의회	한국도로공사 등 공공기관
PIARC, REAAA 국내 회원	국토관리청 및 사무소	도로교통박람회 참가기업
협회 각종위원	지자체 도로관련 부서	유관 학·협회
도로관련 교수	국토교통위원/도로정책심의위원	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 발행 시 홍보* 신기술 홍보관 이용**

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 부장 | 문의 및 회신 : E. pjw@kroad.or.kr F. 02-3490-1019 T. 02-3490-1022

**THINK
SAFETY**

Reflomax

Only One & Better



야 설 (野雪)

눈 내린 들판을 걸어갈 때
함부로 어지러이 걷지 마라
오늘 내가 간 발자국이
뒷사람에게는 이정표가 되라니

- 이 양연 -

1989년 창립 이래 지금까지 순수 국내 기술로
세계적인 수준의 재귀반사 제품을 만들겠다는
일념 아래, 마이크로프리즘형 재귀반사지 개발과
제조에 전념해온 리플로맥스는 전 세계 60여 개 국에
수출하며 국내보다 오히려 해외에서
이름을 널리 알리고 있습니다.

저희 모든 임직원은 우리 국민과
전 인류의 안전 지킴이라는
사명감과 자부심으로
품질 외길을 묵묵히
걸어갈 것입니다.

(주)리플로맥스 (www.reflomax.com)

제품 및 대리점 문의 T.031)8014-9700 E-Mail : info@reflomax.com

표지판 및 안전시설물용 반사지 | 번호판용 반사필름 | 차량용 반사띠.후부반사판
경찰복.안전복용 반사테이프 | 신발.패션용 반사시트 | 액세서리용 반사시트