

Journal of
The Korea Road Association

도로교통

- 인 터 뷰** 서울시설공단 조성일 이사장
(주)답인스펙션 이철희 대표이사
- 기획특집** 노후 도로시설물의 예방적 유지관리를 위한 빅데이터 활용
PSC교량의 유지관리 인식전환과 선제적 유지관리체계 구축
노후교량 장수명화 연구단 성과
노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업의 정책 방향
- 정책과기술** 공공기관 혁신을 주도하는 서울시설공단
기상이 도로 안전에 미치는 영향
- 도로에세이** 세상을 잇는 다리 - 순보의 형교
- 도로인사이드** 세계 최초 스마트 저전력 배터리 시스템 개발 (주)HB세계로
대한민국 최초의 대심도 지하도로 신월여의지하도로
수도권 제2순환고속도로 노선 봉담~송산 고속도로

서울시설공단
조성일 이사장(주)답인스펙션
이철희 대표이사이 책은 한국도로협회
홈페이지에서 PDF로
보실 수 있습니다

“세상에 없는 제품만 만든다.”

TMA (주)태평양



통돌이



오리발 차광판



방음벽

통돌이

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

오리발 차광판

- 반영구적인 중분대용 오리발 차광판, 국내최초 차광판 실물 차량충돌시험 통과

방음벽

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

TMA

트럭탈부착형 충격흡수시설
도로안전시설 설치및 관리지침 2014.021

국내최초 충돌속도

100km/h-TMA3 등급

80km/h-TMA2 등급

자사 제품 모방 근절!
짝퉁이 없는 세상을 만들시다!

TMA (주)태평양

[대표번호]

전화 1800 - 6704

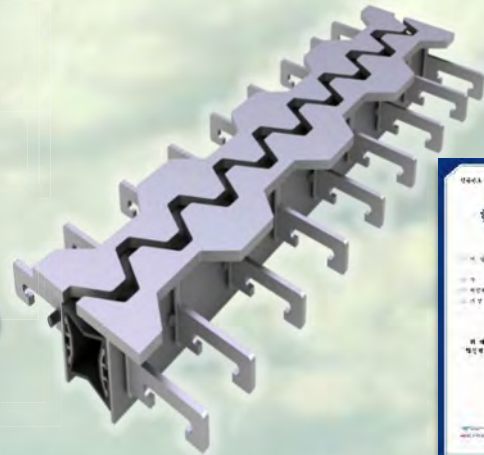
email Tpy70@hanmail.net

안전과 신뢰를 생명으로 하는 혁신기업

국내 최초 혁신제품

강재톱날형 신축이음장치
[www.ppi.g2b.go.kr]

조달청 혁신장터 등록



일체형 안전 교량점검시설 (특허 10-1839600)

안전고리 사용시 탈부착 없이 사용가능

한국도로공사, soc기술마켓 등록제품



기초보강 비탈면점검로 (특허 10-2020392)

회전브라켓을 구비하여 안전을 확보한 점검로

국토부 "우수기술 지정" 한국도로공사, soc기술마켓 등록제품



다기능 투명방음판 (특허 10-1406099)

탈부착, 유지보수, 흡음성능을 구비한 제품

한국도로공사, soc기술마켓 등록제품

도로환경에 최적화된 세계최초, 국내최초 전기를 사용하지 않는 태양광 충전이 필요 없고 전선이 없는 스마트 전원시스템 제품.



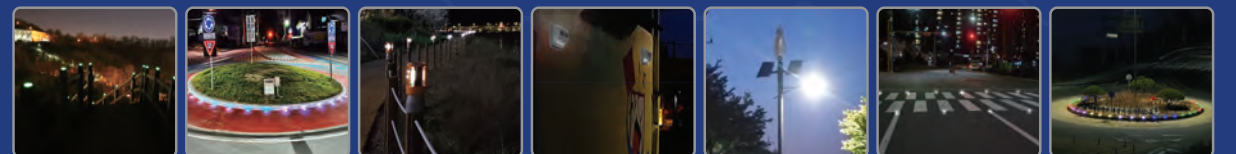
HB 세계로가 만드는 것은 혁신입니다.

스마트 배터리시스템과 하이브리드(태양광+BATTERY) 전원시스템 구현으로
AC전원 및 태양광 제품의 한계를 극복하였습니다.
제품의 성능개선을 위하여 구조 및 디자인은 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.



http://hbsekero.co.kr

장소불문 OK · 간편설치 OK · 적시작동 OK



(주)HB 세계로 본사 / 연구소 : 인천광역시 미추홀구 염전로 143번길 49 ☎ hbsekero@naver.com ☎ 032-581-2576 ☎ 032-719-7299



우수조달물품

세계최초, 국내최초

습도센서 및 디밍센서가 적용된
발광형 표지판



교통안전표지판



도로표지판



울타리



갈매기표지판



차선분리대



기타교통안전시설물

도로교통안전시설전문기업

안전을 밝히는 기업

투인산업이 도로교통시설의 미래를 밝힙니다.
생명과 도로의 안전을 책임지는 기업



발광형교통표지판(우수조달제품)

발광형도로표지판(우수조달제품)

교통안전표지판

도로안내표지판

디자인형울타리

금속제기타울타리

도로안내표지판지주

LED 도로 및 교통표지판

DFS과속단속표지판

신호등지주

차선분리대

미끄럼방지

볼라드

각종안전시설물

낙석방지책 및 낙석방지망

자전거보관대

차선도색

미끄럼방지

지주교량난간

지주교량난간

지주교량난간

흡음형방음벽

투명방음벽

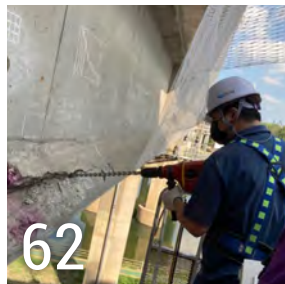
가설방음판방음벽

가설방음판방음벽

가설방음판방음벽

가설방음판방음벽

가설방음판방음벽



국내 최대 건설인프라산업대전 열린다	08
인터뷰	
서울시설공단 조성일 이사장	10
(주)딥인스펙션 이철희 대표이사	20
특집	
1. 노후 도로시설물의 예방적 유지관리를 위한 빅데이터 활용	28
박기태 센터장_한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 노후인프라센터	
2. PSC교량의 유지관리 인식전환과 선제적 유지관리체계 구축	36
조성일 이사장, 송상영 본부장, 박윤용 차장, 문영철 팀장, 정종근 차장_서울시설공단	
3. 노후교량 장수명화 연구단 성과	44
김현중 책임연구원_명지대학교 하이브리드구조실험센터	
4. 노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업의 정책 방향	52
엄근용 부연구위원_한국건설산업연구원 경제금융연구실	
정책과 기술	
1. 오픈 이노베이션과 스마트 건설기술로 공공기관 혁신을 주도하는 서울시설공단	62
조성일 이사장, 송상영 본부장, 박윤용 차장, 이정동 팀장, 김은진 차장_서울시설공단	
2. 가상이 도로 안전에 미치는 영향	72
김백조 팀장_국립기상과학원 목표관측연구팀	

그날의 도로	78
그날, 천호대교가 개통되었다	
도로에세이	
순보의 형교(桁橋)	80
조선시대의 길(2)_길의 역사 11편	84
도로 인사이드	
1. 세계 최초 스마트 저전력 배터리 시스템 개발 (주)HB세계로	86
2. 대한민국 최초의 대심도 지하도로 신월여의지하도로	90
3. 수도권 제2순환고속도로 노선 봉담~송산 고속도로	94
도로 월드와이드	98
한·미 도로협력 전문가 토석류 경감 주제 웹세미나 개최	
New Books & Products	102
R&D ISSUE	103
도로미디어	104



표지사진 : 강변북로 (제공_서울시설공단)

통권 제163호
계 간 도로교통
발행일 2021년 6월 25일
발행인 김진숙
발행처 한국도로협회
주 소 경기도 성남시 수정구 위례서일로 26, 8층
편 집 류명현, 김동인, 방창식
위 원 노성규, 황훈희, 이정윤, 유동민, 여인수, 최지선, 윤재용, 박진우(간사), 한계령, 배재현, 송이오, 서성천, 이재민, 김보성, 홍보나, 류지은, 이호정
편 집 박진우
문의처 경영지원실(02-3490-1022)
이메일 pjw@kroad.or.kr
디자인 문화공감(02-2266-1897~8)

본지는 간행물윤리위원회 윤리강령을 준수합니다.
도로교통에 실린 글은 홈페이지/뉴스레터를 통해
서도 보실 수 있습니다.

※원고의 내용은 본 지의 편집방향과 일치하지
않을 수 있습니다.

ROTREX 2021

2021도로교통박람회

INTERNATIONAL ROAD & TRAFFIC EXPO

“국내 최대 건설인프라산업대전 열린다”

도로교통박람회 등 4개 전시회 공동개최 협약 체결

“도로교통박람회, 경기도 교통안전박람회, 아시아콘크리트엑스포, 한국국제건설기계전 공동개최 협약체결”
“각 전시장 간에 참관객 누구나 오갈 수 있도록 파티션 제거하고 참가업체, 참관객, 부대행사 등 공유”



한국도로협회가 지난 6월 2일 경기도 킨텍스에서 도로교통·건설·인프라 분야 전시회의 통합 브랜드인 ‘2021 건설인프라산업대전’의 공동개최 업무협약을 체결했다.

공동개최 업무 협약식에는 ‘2021 도로교통박람회’를 비롯하여 ‘경기도 교통안전박람회’, ‘아시아콘크리트엑스포’, ‘한국국제건설기계전’ 등 건설인프라산업대전을 구성하여 성공적인 개최와 운영을 협력하기로 뜻을 모았다.



건설인프라산업대전은 2021년 11월 10일부터 13일까지 4일간 킨텍스에서 총 40,000㎡ 규모로 개최되며, 도로교통·건설·재료·인프라 등 연관 산업 간 교류를 통해 시너지를 창출하는 국제 수준의 대형 전시회가 될 전망이다.

또한 각 전시장 간에 참관객 누구나 오갈 수 있도록 파티션을 제거하고 연관 산업 간 참가업체, 부대행사 등을 공유하여 시너지가 클 것으로 기대하고 있다.

도로교통 분야 국내 최대 규모의 전문 박람회인 2021 도로교통박람회는 한국도로협회와 킨텍스가 공동으로 주최하고 국토교통부, 한국도로공사 등 16개 기관이 후원하는 행사로서 도로건설 및 유지관리, 도로시설 및 교통표지, ITS 및 교통, 첨단주차시스템, 친환경 도로포장, 자율협력주행, 스마트 건설 등 도로교통 전 분야를 아우른다.

이번 업무협약식에 참가한 한국도로협회 류명현 상임부회장은 “도로교통 전후방 산업계가 동시에 모이기 때문에 마케팅과 인적 네트워크를 형성할 수 있는 좋은 기회가 될 것”이라며, “건설인프라산업대전을 통해 연관 산업이 활성화되기를 바란다”고 말했다.

2021 도로교통박람회는 11월 10일(수)부터 12일(금)까지 3일간 킨텍스 제1전시장에서 개최되며, 전시회 참가 및 안내는 공식 홈페이지(www.road-trafficshow.com)에서 확인할 수 있다.

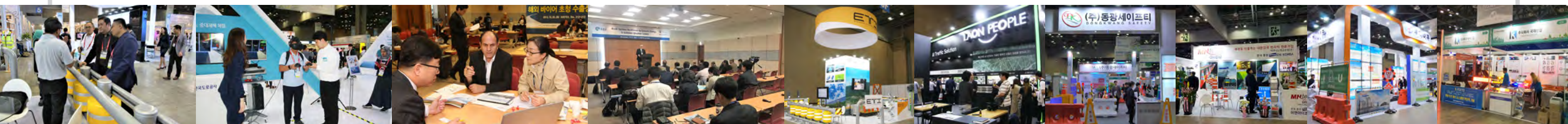
● <업무협약식 참여 VIP> ●

- 한국도로협회 류명현 상임부회장
- 킨텍스 박종근 사업부사장
- 경기도 이성훈 건설국장
- 한국건설기계산업협회 최석진 상근부회장
- 한국콘크리트공업협동조합연합회 장석영 전무이사

KCIW 건설인프라산업대전
도로교통박람회·한국국제건설기계전·아시아콘크리트엑스포

한국도로협회
T. 02-3490-1022
E. rotrex@kroad.or.kr

킨텍스
T. 031-995-8246
E. rotrex@kintex.com



공공 분야의 혁신을 선도한다!

서울시설공단 조성일 이사장을 만나다



제163호 인터뷰에서는 서울시설공단 조성일 이사장을 만났다. 국내 최고의 도시안전 전문가로 손꼽히는 조 이사장은 2019년 7월 취임 이후 안전한 시설관리를 중심으로 공공분야에서 새로운 혁신적 행보를 이어나가며 서울시민의 삶의 질 향상을 위해 노력하고 있다. 서울시의 전용도로, 터널, 교량 등 대규모 인프라 시설뿐만 아니라 공공자전거 따릉이, 지하도상가, 고척스카이돔, 서울월드컵경기장, 어린이대공원 등 시민 생활과 밀접한 공공시설의 체계적 관리를 맡고 있는 조성일 이사장은 안전을 중시하는 가운데 현장과 혁신을 경영의 우선순위로 두고 주목할 만한 행보를 펼치고 있다. 지난해에는 행정안전부 경영평가 2년 연속 최우수 등급, 지방공기업 발전유공 대통령 표창, 정부혁신 우수사례 행정안전부 장관상 등 굵직굵직한 상을 연달아 받으며 성과를 인정받고 있다. 그는 “기본적으로 서울시에서 위탁받은 시설물을 안전하게 제대로 관리하는 업무 수행에 70%, 현장에서 정책을 실천하면서 현장에 맞게 개선하는 정책완성기관 역할에 20%, 그리고 마지막 10%는 공공분야 혁신을 위해 노력하자고 직원들에게 주문하고 있다”고 말했다. 다음은 인터뷰 내용의 전문이다.

Q_이사장님께서 도시안전 분야에서 손꼽히는 전문가입니다.

A_저는 30여 년간 도시 안전 분야에 많은 관심을 가지며 일해 오고 있습니다. 서울시에서 근무하면서 젊은 시절 성수대교와 삼풍백화점 붕괴 등 충격적인 사고를 현장에서 직접 경험했고, 이를 통해 안전이 얼마나 중요한지를 새삼 느껴 관심이 깊어지게 되었습니다. 이후 영국에서 관련 분야로 박사학위까지 마쳤고, 현재에는 서울시 주요시설과 공공서비스를 책임지고 운영하는 전문인으로서 현장에서 답을 찾기 위해 노력하고 있습니다. 최근에는 주말시간을 이용해 서울시립대 대학원 과정에서 재난과 안전을 주제로 강의도 하고 있습니다.

Q_안전 분야에서 가장 큰 이슈는 중대재해처벌법 도입인 것 같습니다.

A_중대재해처벌법 도입 취지에는 적극 공감하고 있습니다. 시민과 근로자의 안전보다 더 중요한 것은 없다고 생각합니다. 게다가 크고 작은 사고와 재난이 지금도 국내외에서 끊임없이 발생하고 있습니다. 법의 제정취지가 이러한 사고로부터 시민과 근로자의 소중한 생명을 보호하자는 것이죠. 아직 시행령이 만들어지지 않았지만 내년도 시행까지 시간이 많이 남아 있지 않은 상황이기 때문에 그동안 서울시설공단과 다른 지방 시설공단에서 발생한 사고를 비롯해 국내·외의 사고를 망라해서 사고원인과 주의점, 예방 대책 등을 꼼꼼히 살피도록 했습니다. 관련하여 480여 건의 사례를 조사·분석했는데 ‘아는 만큼 보인다’는 말처럼 사례분석 결과를 공단 내 공유하고 유관기관에도 알려 더 안전한 서울을 만드는 데 힘을 보태고 싶습니다.

또한 지켜야 할 관계법령과 안전기준을 확인하는 작업도 병행 중입니다. 행정안전부에서 지난해 12월에 ‘안전기준 등록관리 시스템’을 구축하고 각 부처 소관의 1,638개의 안전기준을 등록했는데, 1,183개의 안전기준(안전보건관련)이 우리 공단과 관련 있는 것으로 파악됐습니다. 이 중 788개가 행정안전부 관련 법령과 연관된 것으로 나타났는데, 현장에서 잘 지켜지고 있는지 혹여 지켜지지 않고 있으면 어떤 이유가 있는지 살펴서 집중적으로 개선할 생각입니다. 중대재해처벌법 시행을 앞두고 나름 최선을 다해 준비하고 있지만, 예산과 물리적 시간부족 등 일부 우려되는 부분이 있는 것도 사실입니다.



Q_이사장 취임 후 서울시설공단이 새롭게 평가받고 있는 부분은 단연 '혁신'입니다.

A_저는 코로나 위기 전부터 보고절차의 간소화를 요구했습니다. 주목적은 보고에 들어가는 시간과 노력을 최소화해 이를 현장 확인이나 직원과의 소통 등 업무 효율화에 집중하고자 하는 것이었습니다. 그래서 주요 보고를 메신저나 이메일로 진행하게 했습니다. 또한 공공부문 최초로 오픈이노베이션 제도를 도입해 집단지성을 활용한 광범위한 사례조사와 학습, 토론을 통해 난제를 해결하고, 순환보직으로 인한 업무연속성 단절도 해결하고자 했습니다. 그러던 중에 코로나 사태가 발생했고, 위기를 일하는 방식의 혁신 기회로 삼을 수 있었습니다. 특히 원격화상회의 전면 도입, 오픈이노베이션 강화, 재택근무 확산 및 분리근무 전면 도입 등을 실시했고, 재택근무 중 직원들의 업무 집중도 향상을 위해 육아 공간까지 갖춘 스마트 워크스테이션도 도입했습니다.

Q_2020년은 무엇보다 코로나19로 다사다난했던 한 해였습니다. 관련하여 서울시설공단의 발 빠른 온택트 방식 업무전환도 화제가 된 바 있습니다.

A_서울시설공단은 코로나19 사태 발생 후 회의 및 현안보고부터 이사회, 교육, 자문회의까지 온택트 방식으로 전면 전환했고, 작년 한해 화상회의 실시 건수가 총 4,300여 회를 돌파했을 만큼 공단의 새로운 업무방식으로 확고히 자리 잡았습니다. 업무 방식만 바뀐 게 아니라 비용 절감 효과도 보았습니다. 2020년 한해만 출장비와 종이 출력비 등 총 4억 6천만 원의 비용 절감으로 스마트 워크스테이션 구축 등에 재투자하였고, 직원의 이동시간과 회의준비에 들어가는 노력을 줄일 수 있어 업무 몰입도나 효율성이 높은 것으로 나타났습니다. 올해는 약 6억 3천만 원의 예산 절감을 기대하고 있습니다.

특히, 스마트 워크스테이션 구축은 재택근무하는 직원들이 육아로 인해 어려움을 겪는다는 얘기를 듣고, 자녀 돌봄 공간이 있는 워크센터를 만드는 게 어떨까 하는 아이디어에서 시작해 직원 거주지와 조성 가능 공간을 매치하여 올 3월 2곳에 새로 문을 열었습니다. 지하철역과 가까운 월드컵경기장과 DDP패션몰에 만들었고, 사무실에서 일하는 것과 비교해 불편하지 않은 환경에서 근무할 수 있게 했으며 앞으로 도 직원의 의견을 반영하여 확충, 개선해 나갈 예정입니다. 코로나19 종식 이후에도 자율적 재택근무를 시행하고 원격 회의·보고체계를 유지하는 등 재택·분산근무 체계를 지속 시행하며 시공간을 초월한 업무의 장점을 지속적으로 이어나갈 생각입니다.



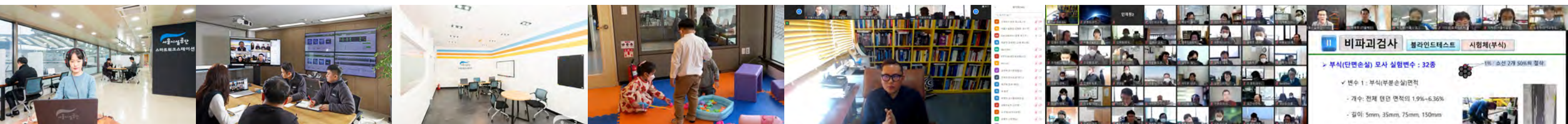
한국도로협회 류명현 상임부회장이 서울시설공단 조성일 이사장과 인터뷰하고 있다.

Q_앞에서 잠깐 언급하셨던 오픈이노베이션에 대해 소개 부탁드립니다.

A_제가 취임 후에 공공부문 최초로 공단에 도입한 소통 플랫폼이라고 할 수 있습니다. 사실 공공기관은 2~3년 주기로 자리를 옮기는 순환보직이라는 제도 때문에 직원들이 해당분야 전문성을 쌓기가 어려운 구조입니다. 하지만 공단에 취임하자마자 직원들이 가진 좋은 아이디어는 언제든 추진할 수 있도록 오픈이노베이션이라는 창구를 만들었고, 공공기관이라는 틀에 갇히지 않고 스타트업처럼 유연하게 일하고자 직원들에게 주문하고 있습니다. 일반적으로 오픈이노베이션은 기업들이 필요로 하는 기술과 아이디어를 외부에서 들여와 새로운 제품이나 서비스를 만드는 방식을 뜻하는데, 우리 공단에서는 보직과 부서에 얽매이지 않고 누구나 의견을 제시하고 토론할 수 있는 플랫폼 개념입니다.

Q_오픈이노베이션에서는 어떤 주제가 논의되고 있나요?

A_최근까지 공단에서 진행 중이거나 완료된 과제는 5개입니다. PSC교량 유지관리 개선, 홍제천고가교 저소음포장 기준정립, 고척돔 지하공간 활성화, DDP패션을 활성화, 어린이대공원 재조성입니다. 우리의 오픈이노베이션은 공단 내 직원 업무역량 강화와 부서 협업뿐만 아니라 업무과정에서 습득한 기술과 관련된 지식, 정보, 경험과 지혜를 국내 산·관·학·민 각 분야에 공개·공유를 기본으로 하고 있습니다. 그 결과, 시행착오를 줄일 수 있을 뿐 아니라 민간분야 기술발전에 기여하여 간접적인 경제효과가 더



키질 것이라 생각합니다. 지금 2년 정도 지나 여러 성과가 보이는데, 우리 공단의 문화로 정착될 수 있도록 노력하고 있습니다.

Q _ 오픈이노베이션 성과 사례가 있다면 소개 부탁드립니다.

A _ 도로분야 종사자들이 읽는 책자이기 때문에 PSC교량의 유지 관리 사업성과에 대해 말씀드리는 게 좋을 것 같습니다. 현재 PSC 오픈이노베이션에는 공단직원, 한국교량및구조공학회, 한국콘크리트학회를 비롯한 교량관리 분야 외부 전문가들이 함께 참여하고 있는데, 국내외 PSC교량 내부텐던 유지관리 우수 기술 벤치마킹, PSC교량 미(微)파괴조사 및 점검방법 향상모색, 실시간 점검상황 공유 및 점검결과 분석, 예방적 보수방안 강구 등의 이론적 기술학습과 우수기술의 실무적용을 추진하며 국내실정에 맞는 기술들을 축적하고 있습니다. 특히, 지난해 9월 청담1교(PSCI)의 안전점검 중 교량 상판을 지지하는 PSC 거더의 내부텐던 일부가 부식된 것을 확인하였습니다. 이에 서울시와 서울시설공단은 언론보도, 홈페이지, SNS 등을 통해 적극적으로 정보를 공유하여 청담1교에 대해 긴급하게 중차량 통행제한을 진행했습니다. 우리 공단은 그동안 학습된 지식과 경험을 바탕으로 교량 안전상태를 확인했고, 이를 통해 약 2개월 후인 11월 9일 중차량 통행을 재개한 바 있습니다. 청담1교(PSCI) 사례는 공용중 교량에서는 국내 최초로 미(微)파괴조사(드릴링+내시경조사) 등을 통해 교량의 안전을 확인했다는데 의의가 있으며, 세부 성과는 우리 공단 홈페이지를 통해 적극적으로 공유하여 국내 PSC교량 유지관리 기술 발전에 조금이나마 기여하고자 노력하고 있습니다.

Q _ PSC교량 유지관리 오픈이노베이션 주제가 2016년 서울 내부순환도로 정릉천고가교 텐던 파단 사건 연장선의 일환인가요?

A _ 그렇습니다. PCS교량의 핵심요소인 텐던은 외부텐던과 내부텐던으로 크게 구분되는데, 기존에 이러한 PSC교량 및 텐던의 유지관리 지침이 전무하여 제가 2014년 서울시에 있을 때 연구과제를 시작했었습니다. 공단 취임 후 확인해보니 외부텐던은 정릉천고가교 텐던 파단 이후 2차례 연구과제를 진행하며 조사와 유지관리 기준을 마련해 오고 있었으나, 내부텐던 관련 지침은 미흡하여 'PSC교량 유지관리 오픈이노베이션'이라는 집단지성을 활용하여 PSC교량 내부텐던의 건전성 평가 및 유지관리 기준 수립을 진행



하고 있습니다. 2022년까지 기존 PSC교량 내·외부 텐던 유지관리 기준을 보완하고 새로운 기준 수립을 목표로 하고 있습니다.

Q _ 서울시에는 노후화된 교량이 얼마나 있나요?

A _ 서울시의 전체교량 337개소 중 31년 이상은 146개로 약 43%이며, 10년 후에는 67%로 노후교량이 급증할 것으로 보입니다. 우리보다 먼저 대규모 교량을 건설한 유럽과 미국 등에서는 1950~60년대 건설된 PSC교량의 노후화로 인해 교량붕괴나 심각한 손상이 발생하고 있으며, 국가적인 문제로 인식해 적극적인 조사와 보수보강을 추진하고 있습니다. 서울도 1970년대부터 건설된 여러 형식의 노후 PSC교량을 보유하고 있어 전문적인 조사와 유지관리 방안이 필요한 실정이기 때문에 우리 공단도 노후화에 진입하고 있는 서울시 교량 유지관리의 선제적 대응을 위해 노력하고 있습니다. 앞서 언급한 오픈이노베이션 등을 활용해 교량 안전검사 기술 발굴 및 개발을 위한 플랫폼 구축을 추진하고 있으며, 기존 단순 폐기되는 철거교량을 조사 및 해부하여 필요한 자료를 축적한 후 공용중인 유사 교량의 수명을 연장하기 위한 방안을 서울시와 함께 추진하고 있습니다. 최근에 이탈리아와 멕시코에서 발생한 교량 붕괴와 같은 비극적인 재난 사고를 막기 위해서는 노후 교량에 대한 잠재적 위험요소를 끄집어내 사전에 제거하고, 관련 기술 개발에 집중해야 할 타이밍이라고 거듭 강조하고 싶습니다.



Q_현장경영을 중시하는 기관장이라는 평을 받고 있습니다. 무엇보다 현장을 중시하는 이유가 무엇입니까?

A_저는 주 3회 이상은 현장에 나가 현장 관계자와 정책 결정자 간 생각의 간극을 해소하기 위해 노력하고 있습니다. 임직원들을 신뢰하되, 주요사항은 직접 눈으로 듣고 현장의 목소리를 들어야 한다고 생각합니다. 격무로 고생하는 현장 직원들을 격려하고, 치밀하고 꼼꼼한 현장 확인으로 잠재된 위험과 불편요소를 찾아내 사전에 해소하며 현장의 적정한 긴장감을 유지함으로써 인적 오류로 인한 사고가 발생하지 않도록 노력하고 있습니다. 이와 함께 추진 사업의 취지와 목적이 현장 끝선까지 잘 전달되고 있는지를 확인하고, 왜곡이 있다면 이사장이 나서서 제대로 설명하고 바로잡는 일도 중요한 소임이라고 생각합니다.

Q_이렇게 현장과 사무실을 오가며 많은 업무들을 추진하고 계신데요. 공단 직원들을 독려하고 열심히 일하도록 하는 비결은 무엇입니까?

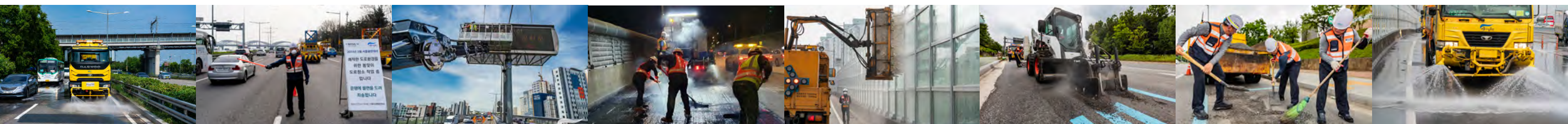
A_요즘 젊은 직원들의 가치관과 마인드를 이해하고 뒤쳐지지 않고자 많이 공부하고, 애로사항을 살피며 해결하기 위해 노력하고 있습니다. 직급을 떠나 젊은 직원들의 아이디어가 적극적으로 반영될 수 있도록 사내 공모전과 포상제도 등을 활용하고 있고, 오픈이노베이션 등 열린 토론방식을 통해 누구나 의견을 낼 수 있는 환경을 조성한 것도 일하는 분위기 조성에 큰 역할을 했다고 생각합니다. 아울러 불필요한 일은 줄이고 일하기 좋은 환경을 만드는 데 주력하고 있습니다. 특히, 정례적으로 하던 월별 회의도 격월로 바꾸거나 없애고, 서로 알아야 할 핵심 사항만 공유하여 낭비요인을 없애고 있습니다. 현업 끝단의 직원들이 바라는 개선사항을 듣고, 하지 않거나 더 나은 방법으로 바뀌어나가는 작업 'Don't Do, Change!'도 진행하고 있습니다. 공간이 바뀌면 직원의 의식도 바뀐다고 생각합니다. 직원들이 불편해 하는 물리적 환경을 개선해 주고 필요한 공간을 조성해주는 것만으로도 직원의 근무 만족도는 높아질 수 있습니다. 임원들의 개인 공간은 개방적으로 최소화하고, 직원 개인의 근무공간을 넓혔습니다. 휴게장소와 출장이 잦은 직원들의 탈의공간을 새로 만들어주는 등 작지만 필요한 활동을 곳곳에서 이어나가고 있습니다.

앞서 설명한 사례에 있듯이 스마트워크스테이션도 꼭 필요한 공간 조성의 일환입니다. 직원이 집과 가까운 스마트 워크스테이션으로 바로 출근 하거나, 외근 후 본사로 복귀가 소모적인 경우 워크스테이션에서 잔여 업무를 수행하는 등 업무 효율성을 높이는데 적극 활용되고 있습니다.



Q_최근에는 '청렴' 분야에도 역량을 집중하고 있다고 들었습니다.

A_최근 공공기관 임직원의 청렴이 사회적으로 큰 이슈가 되면서 시민들의 관심이 집중되고 있습니다. 이러한 시민들의 기대에 부응하기 위해 이사장인 저를 비롯해 우리 임·직원들의 업무추진비 사용내역을 실시간으로 공개하는 등 공단 행정 전 분야에서 투명성을 높이고 있고, 매달 제가 직접 청렴대책회의를 주관하는 노력도 기울이고 있습니다. 올해에는 작년 연말에 취득한 부패방지경영시스템 인증 ISO 37001 시스템을 본격적으로 활용하여 업무 수행과정에 잠재된 부패리스크를 식별 후 통제하고, 시기별, 분야별 부패가 발생할 수 있는 취약분야를 집중 점검할 계획입니다. 금년도에는 반드시 청렴도 1등급을 달성하겠다는 목표를 정하고 강도 높은 청렴 대책을 실행하여 저를 비롯하여 임·직원이 굳은 결기를 가지고 노력해 나가겠습니다. 무엇보다 청렴도 1등급이라는 구체적 목표를 달성하는 과정에서 공단은 공기기업으로서 더 투명하고 공정한 업무 자세를 갖출 수밖에 없으며, 이것이 체질화되는 순간 시민의 신뢰는 더 단단해질 수 있다고 생각합니다. 어느 조건보다 필요하고 중요한 게 청렴이므로 지금의 자세가 흐트러지지 않게 정진할 것입니다.



Q_ 올해 4월에는 새로운 안전보건경영시스템인 KOSHA-MS로 인증을 획득했습니다. 소규모 공사현장 근무환경 개선과 안전 사각지대 해소 성과 등이 인정된 사례라고 볼 수 있을 것 같습니다.

A_ 안전보건경영시스템은 한국산업안전보건공단이 산업안전 보건법과 국제표준인 ISO45001를 반영한 인증제도입니다. 우리 공단에서 산업재해 예방을 위해 안전보건관리체계를 얼마나 잘 갖추고 실제 이행하는지를 객관적으로 검증받았고, 공사 현장 등의 작업환경 개선 노력을 인정받은 결과라고 할 수 있겠습니다. 공사감독 분야에서의 근로자 안전과 시민편의 향상을 위해 역량을 집중하다보니 자연스레 공사 현장 소음저감을 위한 저소음 장비·공법도입, 야간 도로공사 현장 사고예방을 위한 개선 추진, 공사 관련 문서를 방문 없이 처리하는 온라인 접수 시스템 도입 등 혁신 대책을 발굴했고, 현재 현장에 적용 중입니다.

Q_ 소규모 공사장 건설 안전문화 개선에도 탁월한 성과가 있다고 들었습니다.

A_ 네, 특히 여름철 공사현장 중 밀폐공간에서 발생할 수 있는 안전사고를 예방하기 위해 스마트 안전 경보 시스템을 도입했습니다. 맨홀 등 공사현장 밀폐공간에 유해가스 및 강우 감지 센서와 위험 경보기를 설치해 위험 상황이 발생하면 사이렌 등으로 인지하고 즉시 대피할 수 있는 시스템입니다. 가상현실 기술을 활용한 안전교육 프로그램도 서울 도심 공사현장에 도입했습니다. VR 안전교육은 소규모 공사현장의 열악한 환경을 고려해 공단이 VR기기와 프로그램을 가지고 공사현장을 직접 찾아가는 방식으로 진행합니다. 또한 공사현장의 공중이나 기간, 목적 등을 알리는 현수막과 안내간판에 공사 전·후 사진과 QR코드를 적용시켜 시민들이 쉽게 공사목적 이해할 수 있도록 돕고 있습니다. 이밖에도 이동식 캠핑 카를 활용해 현장 근로자들의 휴게시설로 제공했고, 여러 대외기관에서 호평을 받은 바 있습니다.

Q_ 포스트 코로나 시대를 대비해 서울시설공단에서 준비하는 게 있다면 말씀해주세요.

A_ 그간 진행되었던 교량 안전 분야 오픈이노베이션을 발전 확대시킬 계획입니다. 학·협회와 공동 주최하고 민간의 외부전문가와 함께 풀어야 할 숙제들을 고민하겠습니다. 추가로 도로시설물 점검 및 진단 선진화를 위한 오픈이노베이션도 새롭게 계획하고 있습니다. 현재 일본, 유럽에서 ICT기술을 적용한 도로관리시스템을 도입하고 있는데, 여러 측면에서 우수한 내용이 있는 것으로 조사됐습니다. 우리 공단은 선

진국 시스템의 장점을 벤치마킹해 새로운 도로관리 시스템을 연구개발하고 기업이 이를 실증사업화 할 수 있는 토대를 마련할 예정입니다.

최근에는 코로나 사태 장기화로 공단 운영 시설에서 받는 임대료 수익 등이 줄어들에 따라 이를 타개하기 위한 새로운 아이디어로 '메타버스' 도입을 추진 중입니다. 가공, 추상을 의미하는 '메타(Meta)'와 현실세계를 의미하는 '유니버스(Universe)'의 합성어인 '메타버스(Metaverse)' 개념을 공단 사업에 도입하는 시도인데요, 현재는 아이디어 추출 단계지만 젊은 직원들로 구성된 관련 TF가 구성됐으니 다양한 노력이 펼쳐질 것으로 기대합니다. 메타버스 도입을 통해 지금의 화상회의 단계를 넘어 일하는 방식도 획기적으로 변화할 것으로 보이며, 스포츠, 공연, 시설관리 등 공단의 업무에도 많은 변화가 있을 것으로 기대하고 있습니다.

Q_ 마무리 말씀 부탁드립니다.

A_ 코로나19가 장기화되고 있는 상황 속에서 묵묵히 자기 자리에서 최선을 다하시는 분들에게 존경과 감사의 말씀을 올립니다. 저희 서울시설공단은 어떤 위기 상황에서도 시민들께 제공하는 서비스가 중단되는 일 없이 보다 편리하고 안전하게 시설을 이용하실 수 있도록 최선을 다하겠습니다. 감사합니다. 🇰🇷



서울시설공단 조성일 이사장 이력

조성일 이사장은 한양대 토목공학과를 졸업한 후 기술고시 21회에 합격해 서울시 교통본부 도로기획관, 대통령실 국토해양비서관실 선임행정관, 서울시 도시기반설비본부 시설국장, 도시안전본부 시설안전기획관, 구로구 부구청장, 도시기반시설본부장, 도시안전본부장 등 서울시, 구청, 청와대 등에서 약 30년 간 건설·도시계획·안전 분야를 담당했으며, 2005년에는 영국 쉐리대학(Surrey Univ.)에서 토목공학으로 박사학위를 받은 도시 안전분야 전문가다.





시설물 안전점검 기술혁신 선도 기업! (주)딥인스펙션 이철희 대표이사를 만나다



(주)딥인스펙션은 인공지능 기술을 기반으로 하여 공공시설물 안전검사 자동화 소프트웨어 및 영상촬영장치를 개발하는 인프라 IT 전문기업이다. 터널 및 교량 구조물뿐만 아니라 국방부 민군기술이전사업, 댐, 공항 등 안전점검 자동화 시스템 개발을 완료하여 인프라 유지관리 기술의 혁신을 주도하고 있으며, 국가 R&D 지원 사업에도 수차례 선정되어 지속적으로 연구개발을 진행하고 있다. 이번 163호 인터뷰에서는 서울 문정동 법조단지에 위치해 있는 딥인스펙션 서울사무소에서 이철희 대표이사를 만났다. 이철희 대표는 “인프라 기술 IT 기술의 융합을 통해 혁신적인 원천기술을 개발하는데 중점을 뒀다”며, “우리 기술을 전 세계에 확산시켜 제2의 인프라 유지관리 르네상스 시대를 여는데 앞장설 것”이라고 말했다. 다음은 인터뷰 내용의 전문이다.

Q _도로교통 저널 독자들에게 인사 부탁드립니다.

A _ 딥인스펙션 대표이사 이철희라고 합니다. 도로교통 저널을 통해 인사드리게 되어 영광입니다. 우리 회사에 관심을 갖고 방문해주셔서 감사합니다. 협회 사무실과 우리 서울 사무소가 무척이나 가까운데 이렇게 소통할 수 있는 시간이 많아지면 좋겠습니다.

Q _혹시 모르는 분들을 위해 회사 소개 부탁드립니다.

A _ 딥인스펙션은 인공지능과 컴퓨터비전 기술을 이용하여 공공시설물의 안전검사 자동화 소프트웨어와 영상촬영장치를 개발하는 인프라 IT 전문기업입니다. 특히, 터널 유지관리 사업, 소프트웨어 개발, 기술 컨설팅, R&D 사업을 수행하고 있습니다. 최근에는 국방부와 민군기술이전사업을 수행하였고, 댐, 공항에도 안전점검 자동화 프로젝트를 진행하며 국내 안전검사 부분 기술 향상에도 기여하고 있습니다. 우리 회사 사업장은 서울 문정동 법조단지에 위치해 있고 기술연구소는 서울시 양재 AI 허브에 입주하고 있습니다. 본사는 대전 융합기술연구 생산센터(ETRI)에 있습니다.

Q _작년 2019년 태명이씨앤씨에서 딥인스펙션으로 사명을 변경했는데, 특별한 이유라도 있나요?

A _ 2015년 회사를 설립하고 경영적으로 성장을 이루면서 과감하게 사명을 바꿨습니다. AI 점검 기술을 기반으로 한 회사이기 때문에 회사명에 사업영역을 그대로 내포했습니다. 우리의 정체성을 표현하기 위함입니다.

Q _딥인스펙션은 시설물유지관리 전문업체인 (주)태명엔지니어링으로부터 2015년 분리 독립한 신규 법인으로서 6년 동안 많은 성장을 이뤄냈습니다. 그동안 어떤 성과가 있었나요?

A _ AI 기반 터널시설물 안전점검 자동화 기술로 2018년 하반기에 솔루션의 상용화를 완료하였고, 2020년 9월에는 국토교통부 신기술인증을 취득하였습니다. 최근까지 10개 이상의 터널에 우리가 개발한 안전점검 신기술을 적용하여 정밀안전 점검 정확도를 50% 이상 끌어 올렸고, 점검비용도 약 30% 절감시켰습니다. 그리고 국토교통부와 서울시로부터 인공지능 기반의 기술사업화 지원사업에도 선정되어 인공지능 분야의 기술력을 인정받았고, 국방부와 과학기술정보통신부에서 발주한 인공지능 기반의 기술이전사업 및 검증사업에도 최종사업자로 선정된 바 있습니다. 꾸준히 철도터널, 댐, 공항 안전검사 자동화를 위한 특허출원, 인증 등 핵심 원천기술 개발에도 박차를 가하고 있습니다. 우리 딥인스펙션은 인공지능 학습플랫폼, 설명가능 인공지능(XAI), 강

화학습 기반 객체인식 핵심기술 개발을 통해 SOC분야 유지관리에 있어 미래 인공지능 기술개발을 선도하고 있다고 자부합니다.

Q _ 딥인스펙션은 인공지능 점검 기술을 상용화하고 있습니다. AI 서비스를 기반으로 SOC 시설물 안전검사 플랫폼 구축에 나서고 있는 이유는 무엇입니까?

A _ SOC 시설물은 국민의 삶을 유지할 수 있는 핵심적인 공공재입니다. 우리나라는 1970년대부터 경제성장이 이뤄진 후에 시설물이 급격하게 증가했고, 유지관리 비용에 대한 요구도 그만큼 늘어나고 있습니다. 하지만 예산과 인력은 한정적이죠. 우리는 예산과 인력, 점검기술을 충족하기 위한 방법을 찾기 위해 그동안 많은 연구를 추진했고, AI기반 영상분석이라는 결과물을 만들어냈습니다. AI기반을 통한 시설물 안전점검은 장점이 많습니다. 우선 인공지능 기반 영상분석을 통한 결함 검출 및 측정을 자동화해 점검 인력을 감축시킬 수 있으며, 인공지능 기반으로 결함을 검출하고 측정하여 객관성을 확보할 수 있습니다. 결과적으로 점검인력의 숙달에 따른 편차 없이 일정한 품질을 유지할 수 있습니다.

Q _ 앞서 AI기반 터널시설물 안전점검 자동화 기술로 국토교통부 건설신기술 인증을 획득했다고 말씀하셨습니다. 국내 최초 인공지능기술과 영상처리기술을 활용한 건설 신기술인데요.

A _ 이 기술의 풀네임은 ‘도로터널 유지관리를 위한 고해상도 촬영장비 및 인공지능 알고리즘 기반 라이닝 표면의 균열검출 기술’입니다. 터널 라이닝 영상 데이터 분산 병렬 처리 방법, 영상 데이터 획득 장치, 통합 소프트웨어 등 3개의 인공지능 관련 특허를 기반으로 한 기술이죠. 이 신기술은 도로터널 라이닝의 표면을 촬영하는 4K급 이상 고해상도 카메라로 구성된 영상장비를 20~40km/h의 일정한 속도로 주행하면서 도로터널 표면 영상을 확보하고 영상데이터를 분산병렬 처리하는 인공지능 알고리즘 프로그램입니다. 영상장비 차량으로 주행을 하면 균열폭 0.1mm에서 0.5mm의 도로터널 라이닝의 균열 정보까지 검출하고 수치화하여 자동적으로 외관조사망도와 보고서가 작성됩니다.

Q _ 말씀하신 신기술이 기존의 점검방식보다 얼마나 빠르고 정확한지 설명 부탁드립니다.

A _ 이 기술은 연장 1km의 터널을 48시간 이내에 인공지능 기반으로 영상 처리할 수 있습니다. 기존 기술 대비 1.5배 이상의 정확도 향상과 시간단축, 인력감축 등으로 경제적인 효과를 기대할 수 있어 연간 수



한국도로협회 황훈희 기술연구센터장이 (주)딥인스펙션 이철희 대표이사와 인터뷰하고 있다.

백억 원 이상의 터널점검 정부예산을 절감할 수 있다고 봅니다. 특히, 터널 딥인스펙터 2020이라는 시스템을 통해 4K 촬영 동영상을 정지화면으로 분리해 내고 장당 2,500만 화소의 정보를 화소단위로 분해하여 배경은 흰색으로, 균열부분은 검은색으로 표현해 출력해 주는 방식을 사용합니다. 이 프로그램은 데이터를 기반으로 한 딥러닝을 통해 균열을 찾는 방식으로 절대적 어둡기를 따져 화소를 분해하여 정확성을 높였습니다. 최근까지 30개 이상의 터널의 균열 상태 기록 데이터 1,000만 장 이상을 사용했습니다.

Q _ 공기업과 정부기관이 수요처일 텐데, 신기술의 만족을 위해 어떤 부분에 중점을 두셨나요?

A _ 일단 우리 딥인스펙션 신기술은 터널 안전점검 시 교통차단 없이 주행 중에 영상촬영이 가능한 장점이 있습니다. 그리고 AI를 통해 분석하므로 점검 결과를 받아보는 시간도 절약할 수 있습니다. 참고로 인공지능 기반의 균열과 결함 검출, 외관조사망도 작성, 상태평가 보고서 작성 등 전 과정이 자동화된 프로세스로 진행되어 기존대비 약 30%의 시간을 절감시킬 수 있습니다. 무엇보다 감독관이 점검결과를 쉽게 확인할 수 있도록 전단면 점검 데이터를 사진과 영상을 통해 제공하여 체계적으로 이력관리를 할 수 있다는 장점이 있습니다.

Q _ 딥인스펙션에서는 인공지능 소프트웨어도 개발하여 판매 중입니다. 제품 소개 부탁드립니다.

A _ 제품명은 Deep Inspector입니다. 인공지능과 영상 기반 안전점검 소프트웨어 Deep Inspector는 터널



라이닝과 교량 촬영 영상을 이용하여 인공지능 기반으로 균열과 결함을 검출하고 균열의 폭과 길이가 측정되는 기능이 있습니다. 그리고 AutoCAD 형식으로 3차원 도면도 작성이 가능하고, 터널의 상태등급도 산출 전 영상처리가 자동화된 프로세스로 이루어지는 딥러닝 기반의 국내 유일의 소프트웨어입니다.

Q AI기반 터널시설물 안전점검 자동화 기술은 어느 터널에 적용되었나요?

A 남산1호터널, 대구포항고속도로 등 주요 터널에 당사의 인공지능 기술을 적용한 실적을 보유하고 있습니다. 작년까지 30개 이상의 터널에 우리 인공지능 점검기술을 적용하였습니다. 한국도로공사, KAIST, SQ엔지니어링에 인공지능 기반 프로그램도 납품하였습니다. 최근에는 터널뿐만 아니라 천호대교, 당인교, 망원5교에 대한 교량 점검분석도 성공적으로 진행하고 있습니다.

Q 터널, 교량뿐만 아니라 다른 SOC 시설물에도 AI 기술을 적용하기 위한 준비를 하고 있다고 들었습니다.

A 그렇습니다. 터널, 교량뿐만 아니라 하수관로, 댐 유지관리에 적용하기 위한 절차를 밟고 있습니다. 관련하여 서울시 인공지능팀과 '인공지능 기반 하수관로 결함탐지 학습데이터 구축 용역'도 완료하였고, 2021년 안에 사업화할 예정입니다. 최근 수자원공사와도 '댐 시설물 지능형 진단체계 구축 용역'을 진행하면서 인공지능 기반 수자원 관리와 댐시설물 관리를 위한 로드맵도 구축하고 있습니다.

Q 딥인스펙션이 XAI라는 기술을 국내 최초로 개발하였습니다. XAI기술이 생소한 분들을 위해 설명 부탁드립니다.

A XAI는 eXplainable AI 기술, 즉 설명가능 인공지능이라고 합니다. 추론이유를 설명하지 못하고 단순히 결과만 제시하는 기존 딥러닝 방식의 한계를 극복하기 위해 개발했습니다. 우리 XAI는 결과의 투명성을 제공하고 딥 네트워크가 객체를 결함으로 추론한 이유와 안전등급 판정 이유를 사용자에게 이해하기 쉽게 설명할 수 있습니다. 터널, 교량, 댐 등 기존 딥러닝 기술과는 달리 균열, 백태, 누수와 같은 손상을 설명가능 인공지능(XAI)으로 검출한다는 측면이 차별화되고 있습니다. 현재 터널부문은 상용화가 완료되었고, 교량은 서비스개발 완료, 댐시설물의 경우 데모프로그램이 개발 완료되었습니다. 참고로 과기부, 국토부, 국방부, 중기부, 서울시에 국내최초로 XAI 기술을 적용하고 사업화를 리딩하고 있습니다.

Q 대표님께서 언급했듯이 다양한 기관과 AI 연구개발을 추진하고 있습니다. 최근에 진행한 프로젝트에 대해 간략히 소개 부탁드립니다.

A 한국전자통신연구원(ETRI)으로부터 기술이전 받은 '대규모 딥러닝 HPC(High Performance Computing) 시스템' 핵심기술 개발에 집중하고 있습니다. 대규모 딥러닝 HPC 시스템은 2017년부터 2019년까지 정부예산 75억 원이 투입되어 ETRI 고성능컴퓨팅 연구그룹, KAIST, 퓨처시스템 외 4개 기관에서 개발된 차세대 인공지능 핵심기술입니다. 국방과학연구소(ADD)와 민군협력진흥원(ICMTC)이 발주하고 관리하는 사업으로 '드론맵핑기술과 인공지능 기술을 활용한 긴급 비행장 피해분석 시스템 개발'이란 주제로 2019년 6월부터 2021년 5월까지 연구개발이 진행되었습니다. 본 기술의 목적은 전시에 폭격을 당한 비행장에 최소운영 활주로 선정을 위해서 자동으로 비행장 피해분석을 수행하는 것입니다. 이 드론맵핑 기술은 전시뿐 아니라 평소에도 활용도를 높일 수 있도록 공항의 활주로 관리나 도로 관리 등에도 적용할 수 있고, 국내·외 노후 공항 관리에도 접목할 수 있는 기술입니다.

Q 딥인스펙션이 보유한 특허와 인증 현황은 어떻게 되나요?

A 당사는 인공지능 영상처리기반 안전점검 관련 특허 8건을 보유하고 있습니다. 말씀드렸듯이 특허기술을 기본으로 하여 2020년 9월 국토교통부 건설신기술도 인증받았고, 최근에도 교량, 철도터널 분야 쪽으로 신기술인증을 준비하고 있습니다. 우리 딥인스펙션은 기술뿐만 아니라 소프트웨어 기능과 성능을 증명할 수 있는 다수의 GS(Good Software)인증과 공공기관 시험성적 인증서도 확보하고 있습니다.



Q _ 국내와 비교하여 선진국의 시설물 AI 안전점검 기술 수준은 어떤가요?

A _ 인공지능을 이용한 시설물관리 기술은 인공지능 로봇 기술의 종주국인 미국, 유럽, 일본을 중심으로 활발히 이루어지고 있습니다. 미국은 MS-DJI 컨소시엄 등에서 활발한 연구가 진행되고 있으며, 유럽은 Robo-Spect Project 등 다수의 영상 및 인공지능 기반 대형프로젝트가 EU 주도로 진행되고 있습니다. 일본도 영상센서 원천기술을 앞세워 영상기반의 공공시설물 점검을 10년 이상 진행하고 있습니다. 그에 비해 우리나라는 인공지능 전문인력이 부족한 상황입니다. 인공지능 기술은 전 세계적으로 빠르게 변화하며 매월 수십 건씩 새로운 기술이 쏟아져 나오는 분야이므로 조직이 유연한 스타트업, 벤처기업 등 강소기업 위주로 기술개발이 이루어질 수 있도록 민관이 더욱 힘을 합쳐 노력했으면 합니다.

Q _ 최근 들어 정부도 AI 분야에 관심이 많아지고 있습니다. 정부 지원이 필요한 부분이 있다면 말씀 부탁드립니다.

A _ 정부의 4차산업 기술을 포함한 연간 R&D 투자는 전체 예산의 5.6% 수준인 23조 원 정도에 육박하고 있어 규모 면에서나 정부의 의지라는 측면에서는 매우 긍정적으로 볼 수 있습니다. 다만, 미국과 EU 등 기술선진국에서 어떤 특정분야가 대두되면 그 분야에 관심과 정부예산이 집중되는 경향이 있어 정부의 기술개발 투자 방향에 대한 일관성, 연속성 측면에서는 많은 아쉬움이 남습니다. 특히나 미국이나 중국과 같이 많은 자본과 인구, 대규모의 시장, R&D 인프라를 보유한 국가와 국내 상황은 많이 다를 수 있어 그들의 기술을 대부분 따라잡기보다는 국내현실에 맞는 특화된 첨단기술 분야를 지원하고 일관성을 유지하는 정책이 필요하다고 봅니다.

Q _ 국내에도 30년 이상 된 시설물의 비중이 높아지고 있습니다. 시설물의 노후도에 따라 유지관리비용도 가속화되지만 정부 예산은 한정적입니다. 이를 극복할 수 있는 최적의 방안은 무엇이라고 생각하니까?

A _ 사전 안전점검이 향후 유지관리 비용을 절감할 수 있는 가장 효과적인 방법이라고 생각합니다. 하지만 공공시설물 안전점검과 유지관리 분야는 노동집약적이고 주관적이며 비경제적인 방식으로 점검이 이루어져 왔던 터라 생산성 향상이 절실히 필요한 분야입니다. 인력 중심의 안전점검에서 탈피하고 경제적이고 스마트한 점검 방식이 많이 채택되어야 할 것입니다. 이를 위해 관련법과 정부지침 등의 개정이 필요하다고 봅니다. 사실 시특별과 기반시설관리법이 제 · 개정되었다지만 공공뿐만 아니라 민간에서도 국내 첨단기술을 기반으로 한 안전검사 기법을 적극 활용할 수 있는 유인책이 더욱 필요합니다.

Q _ 터널, 교량, 댐, 등 공공시설물 안전점검 및 진단에 대한 시장 규모는 어느 정도 되나요?

A _ 국내에서만 볼 때 공공시설물은 약 4,300억 원, 민간분야는 약 3,400억 원, 계측장비, 시험, 소프트웨어

어 분야 약 2,000억 원 등 약 1조 원 규모 정도로 추정하고 있습니다. 시설물 안전점검분야는 노후화에 따라 지속적으로 성장할 수 있는 분야이므로 인공지능 같은 첨단기술 기반의 비즈니스 모델을 구축하기에 시장규모는 충분하다고 봅니다. 특히, 영상과 인공지능 기반의 개발 기술로 대체할 수 있는 영역은 전체 안전점검 시장의 약 70% 수준인 것으로 확인되었습니다. 이처럼 국내외 거대한 안전검사 시장이 존재하고 기존의 프로세스를 인공지능 기술로 대체할 영역이 충분하므로 인공지능 및 영상처리 기반의 안전검사 시장 성장 가능성은 매우 긍정적이라고 볼 수 있습니다.

Q _ 딥인스펙션의 목표와 향후 계획이 궁금합니다.

A _ 그동안 한국전자통신연구원, 한국과학기술지주(주), 에트리홀딩스(주)로부터 기술과 현물 등을 투자받은 바 있습니다. 최근 에스제이투자파트너스와 인터밸류파트너스, 신용보증기금으로부터 총 15억 원의 투자도 유치했습니다. 올해에도 인공지능 기술에 관심 있는 여러 VC(벤처투자자)들과 유의미한 미팅을 수차례 가졌으며, 약 30억 원 규모의 신규 투자가 진행될 예정입니다. 앞으로 다양한 투자 유치를 통해 기술특례상장 제도를 활용하여 IPO(기업공개상장)를 준비할 예정입니다.

Q _ 마지막으로 하실 말씀이 있다면 부탁드립니다.

A _ 우리 딥인스펙션은 시설물 안전점검에 대한 문제점을 사전에 파악하고 해결하기 위해 연구개발에 많은 시간과 예산을 투자하였습니다. 그동안 우리 임 · 직원의 노력으로 정부기관 인증, 투자유치 등 의미 있는 성과를 내고 있습니다. 앞으로 도로 시설물 안전점검과 유지관리 기술수준 향상을 위해 협회와 함께 연구하고 개선점을 찾아 나갈 수 있는 시간이 많아졌으면 합니다. 감사합니다. 



딥인스펙션 이철희 대표이사 이력

이철희 대표는 토목공학과 구조분야 박사과정을 수료하고 인공지능, 머신러닝, 빅데이터, 딥러닝 전문가 과정(deep-learning.ai, stanford 등)을 수료한 4차산업 기술 · 융합형 전문가이다. 2015년 인공지능 및 영상처리 전문기업 딥인스펙션을 창업하였으며, 현재 인지과학산업협회 자문위원, 지하안전협회 연구위원, 한국도로협회 대의원 등 SOC 인공지능 분야에서 다양한 활동을 펼치고 있다.

특집 01

노후 도로시설물의 예방적 유지관리를 위한 빅데이터 활용

박기태 | 한국건설기술연구원 인프라안전연구본부 노후인프라센터장

1. 개요

우리나라 시설물이 1970년대 경제성장기를 시점으로 대부분 1980~90년대에 건설된 점을 감안할 때 사용연수가 30년 이상 경과한 시설물이 급증하고 있다. 또한 2018년에 국회입법조사처에서 발표된 내용을 보면, 1995년에 5,376개의 시설물(1종 시설물 1,314개, 2종 시설물 4,062개)이 유지관리 대상으로 지정된 이후 2017년 말에는 87,124개의 시설물(1종 시설물 9,274개, 2종 시설물 77,850개)이 지정되어 22년간 16배 증가하였다. 이러한 경향은 미국, 일본, 유럽 등과 유사한 추세로 분석되고 있다.

우리나라 고속도로는 4,848km를 포함하여 총 112,977km에 달하며, 도로법 제2조 1항에 규정한 도로시설 16종과 부속시설물 45종, 그리고 동법 제59조에 따른 비탈면(절토사면)을 추가한 총 62종의 도로시설이 국민의 안전한 통행을 위해 적용되고 있다. 이를 유지하기 위한 도로 시설물 유지관

리 비용도 국가적으로 막대하게 지불되고 있는 것이 현실이다. 특히 2020년 8월에 발간된 도로 교량 및 터널 현황조서에 따르면 30년 이상 노후화된 교량수는 4,482개소(전체 교량 35,902개소 중 12.4%), 20~30년 교량의 수는 9,614개소(전체 교량 35,902개소 중 26.7%)이다. 현재 시점 기준에서 2031년이 되면 30년 이상 노후화된 교량이 전체의 약 39% 수준이 될 것으로 예상된다. 교량 외의 다른 시설물의 경우도 유사한 현상을 나타내고 있다.

이러한 추세를 고려하여 우리나라에서는 유지관리 체계 선진화를 위해 성수대교 붕괴 이후 제정된 시설물 안전에 관한 특별법(1995. 4)에 이어 성능 중심 유지관리를 위한 시설물 안전 및 유지관리에 관한 특별법(2017. 1) 그리고 최근에 제정된 기반시설관리에 관한 기본법(2018. 12) 등을 통해 시설물의 체계적인 유지관리를 위해 노력하고 있다. 이 법은 급격한 시설물 노후화에 대비하여 예방적 유

지관리를 구현하기 위함이며, 국가 시설물 유지관리 수준을 향상시키기 위한 중앙정부의 강력한 의지가 반영되어 있다.

예방적 유지관리의 기대효과는 성능변화를 예측하여 설계 요구성능 유지에 필요한 최적 유지보수 시기를 도출할 수 있으며, 결함 발생 초기 또는 발생 예상 부위에 최적화된 유지보수를 시행하여 비용 절감을 가능하게 하는 것이다. 전 세계적으로 시설물 고령화가 가속화 되고 있고 유지관리 비용도 급속히 증가하고 있는 실정을 감안하면, 구조적 안전을 고려한 공학적 유지관리에서 성능유지 및 향상, 감가상각 등을 고려한 경제학적 유지관리 체계로의 전환이 필요한 시점이다.

해외에서도 시설물 노후화에 대비한 국가적 차원의 정책을 수립하고 있다. 특히, 일본은 2013년 국토교통성 일본 부흥전략과 관련하여 인프라 장수명화 기본계획, 인프라 장수명화 계획(행동 계획)을 수립하여 운영 중이다. 유럽에서는 2013년부터 Infra-vation Project를 통해 교량, 터널, 도로포장 등 교통 인프라 성능향상을 위한 기술연구가 진행되고 있다. 미국은 교량의 유지관리 및 리뉴얼/성능개선을 위한 이력데이터 수집을 위해 NSF(National Science Foundation), FHWA(Federal Highway Administration)의 지원을 받아 교량의 데이터를 수집하고 분석하는 연구(Bridging Big Data Project)가 진행 중이다. 이러한 해외 사례의 공통점은 데이터를 기반으로 한 유지관리를 구현하기 위해 다양한 기술 개발이 진행되고 있다는 것이다.

그렇다면 시설물 유지관리 분야에서의 빅데이터가 무엇인지 고민해 볼 필요가 있다. 특히, 빅데이터의 필요성은 지금까지 충분히 인식되고 있지

만, 어떤 데이터를 어떻게 구축해 활용한다는 구체적인 사례는 없다는 것이다. 시설물 유지관리와 빅데이터 관련 내용을 모두 논의하자면 너무 방대하므로 본 글에서는 빅데이터의 필요성보다는 유지관리 분야에 있어서의 빅데이터 개념과 활용기술 등에 대해 개략적으로 의견을 제시해 보고자 한다.

2. 유지관리 분야의 빅데이터란?

도로 시설물 관련 다양한 데이터를 구축하고 관리하는 시스템은 PMS(Pavement Management System), BTMS(Bridge & Tunnel Management System), CSMS(Cut Slope Management System) 등 전국적으로 약 12개로 조사되었다.

도로 시설물 유지관리 빅데이터는 PMS, BTMS, CSMS 등 DB 관리시스템에 구축되어 있는 내용뿐만 아니라 시설물의 미세한 거동과 주변 환경(동결융해, 염해, 제설제 등), 화학적 거동, 손상의 유형 및 패턴 등과 관련된 장기 이력데이터를 의미한다.

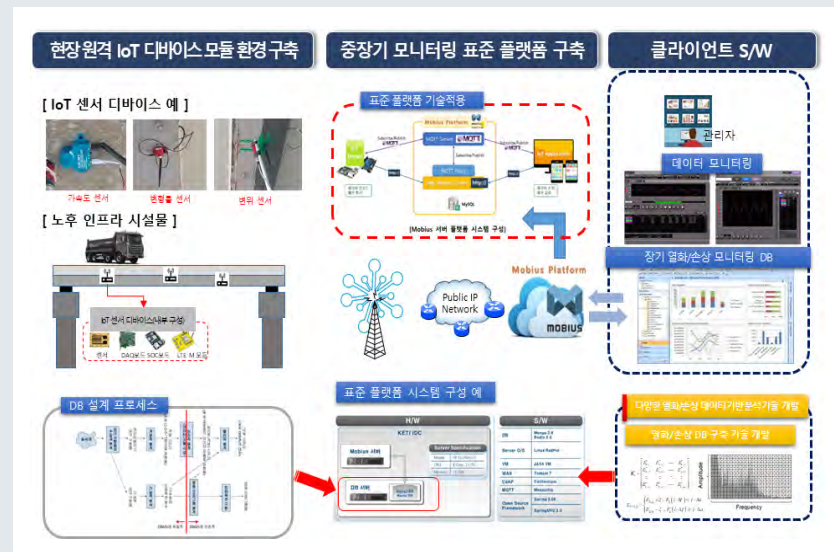
물론 도로시설물 관련 정보에 대해서는 위에도 언급한 바와 같이 지금도 DB 형태로 구축되고 있으며, 앞으로도 DB 형태로 구축될 것이기 때문에 데이터 기반 유지관리와 관련한 정책이 뒷받침된다면 빅데이터라는 큰 울타리 안에 지속적으로 연결시키는 것은 크게 어려운 문제는 아닐 것이다. 이 외에도 시설물 유지관리에 필요한 빅데이터는 손상 진단 관련 시간이력 기준 변동 상황, 통행 차량 패턴, 설계 및 시공 이력 단계의 상세한 절차, 유지관리를 담당하는 관리자의 역량, 투입되는 유지관리 비용 등 다양한 정보를 포함한다.

빅데이터를 구축하기 위해서는 빅데이터를 담기

〈표 1〉 도로시설 유형별 주요 정보관리시스템 예

시설 유형	시스템	운영기관
교량, 터널, 옹벽, 절토사면	시설물통합정보관리시스템(FMS)	국토교통부
교량, 터널	교량 및 터널 통합관리시스템(BTMS)	국토교통부
교량, 터널	교량 및 터널 현황정보시스템(BTI)	국토교통부
절토사면	도로비탈면관리시스템(CSMS)	국토교통부
차도	도로포장관리시스템(PMS)	국토교통부
	도로 및 보수현황시스템(RMIS)	국토교통부
	서울시 포장도로관리시스템	서울특별시
차도, 터널, 교량, 보도육교, 지하차도, 비탈면(절토사면), 옹벽	시설물유지관리시스템(CALS)	국토교통부
	한국도로공사	국토교통부
	도로대장정보시스템(KRRIS)	국토교통부
	서울시 기반시설 빅데이터 분석시스템	서울특별시
	부산시 도시공간정보 업무포털	부산광역시

〈그림 1〉 데이터베이스 기반 시설물 유지관리 개념도



위한 프레임의 세밀한 고려가 필요하며, 빅데이터를 입력하기 위한 도구를 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 최적화된 입력 방법이 필요하다. 여기에서 빅데이터를 구축하기 위한 도구는 각종 센서, 비파괴장비, 조사 자동화 장비, 내부 탐상 장치 등을 의

미하며, IoT 통신기술과 클라우드 기술이 반드시 필요하다. 현재 일반적인 데이터 구축 방법은 인터넷을 통해 입력하고 독립적인 서버에 저장하는 것이며, 해당 데이터가 필요할 경우에는 접근성에 대한 한계가 존재할 수밖에 없다. 또한 실시간으로

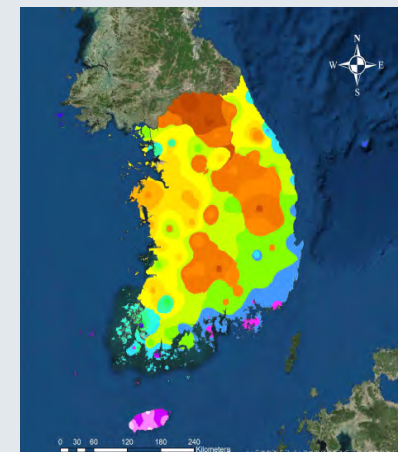
측정되는 데이터의 경우 역시 마찬가지 상황이다. 최근에 각광받고 있는 AR, VR, 디지털 트윈(Digital Twin) 등은 본 글에서 제안하는 다양한 빅데이터, 유지관리 시나리오에 대한 DB구축이 수반되어야 가능한 첨단기술로써 해당 분야 전문가 외의 건설 분야, 특히 유지관리 분야 전문가들의 적극적인 참여와 노력이 필요한 분야이다. 이러한 내용을 성공적으로 도입하기 위해서는 빅데이터 기반 시설물 유지관리에 특화된 집중적인 연구개발 과정을 통해 관련 핵심요소 기술을 확보해야 할 것이다.

3. 시설물 유지관리를 위한 빅데이터 구축 예

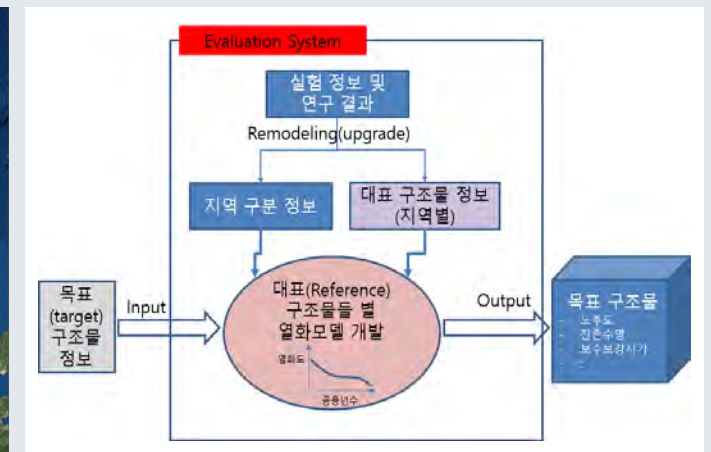
한국건설기술연구원에서는 2018년부터 2020년까지 ‘노후인프라 시설물 유지관리를 위한 중장기데이터 기반 표준 플랫폼 구축 및 서비스 개발’이라는 주요사업을 수행한 바 있다. 본 연구과제의 수행 목적은 다유형의 노후 시설물 유지관리와 관련하여 다양한 모니터링 기술(IoT 기술 활용 등)로부터 열화 및 손상 관련 상세 데이터를 중장

기적으로 확보하고, 이를 기반으로 열화환경모델을 개발하여 성능저하 수준 예측 등에 관한 정보를 제공할 수 있는 표준형 중장기 데이터 플랫폼을 설계하고 구축할 수 있는 가능성을 확인하는 것이다. 이 과제에서는 우리나라 환경조건 및 구조형식, 공용년수 등을 대표하는 시설물을 선정하였으며, 해당 시설물의 열화모델과 확보된 데이터를 활용한 분석 알고리즘을 내장시켜 분석을 필요로 하는 목표구조물의 정보를 입력하면 대표구조물의 열화모델과 알고리즘 등을 통해 필요한 정보(노후도, 잔존수명 등)를 예측하는 프로세스를 포함하고 있다. 또한 장기조사실험체 및 전국단위 열화환경 데이터 구축, IoT센서를 이용한 자동화 계측자료 연동 등을 통해 총 407,900건의 데이터를 확보하였고, 실측 데이터를 바탕으로 열화환경모델을 구축하고자 하였다. 구축된 데이터는 플랫폼을 통해 대외적으로 공유할 수 있도록 하여, 학계, 업계 등에서 필요로 하는 데이터를 쉽게 확보할 수 있도록 하였다. 플랫폼을 기반으로 한 유지관리 정보 제공 가능성은

〈그림 2〉 국내 환경조건 구분 예



〈그림 3〉 대표 및 목표시설물 연관 개념도



본 사업을 통해 확인한 바 있으며, 관련 개념을 교량에 집중하고 서비스 제공 범위를 확대하는 연구 사업을 과기정통부 디지털 뉴딜사업의 일환으로 2023년까지 추진할 예정이다. 이 사업의 주요 내용은 노후화 관련 데이터 500만 건 이상을 데이터로 구축하고, 다양한 관리 주체를 대상으로 정보 서비스 제공이 가능하도록 플랫폼을 구현하는 것이다.

국가적 차원에서 보면, 국토교통부에서는 노후 교량구조물과 위험 비탈면 대상 디지털화 사업의 일환으로 2025년까지 이상 징후 모니터링 시스템 구축을 계획하고 있으며, 지속가능한 기반시설관리 기본법에서 운영하는 기반시설관리시스템을 개발하고 데이터를 구축하고 있다. 또한 행정안전부에

서는 지자체를 대상으로 디지털 기반 노후·위험 시설 안전관리를 위한 시스템 구축사업이 진행되고 있다. 이와 같이 시설물 노후화 및 위험 상황을 사전에 감지하기 위해 관련 시스템을 구축하고 데이터를 통합관리하며, 다양한 데이터를 장기적으로 구축하고 효과적인 활용 방안이 마련된다면 시설물의 예방적 유지관리를 위한 기반 확립이 가능해 질 것이다.

4. 시설물 유지관리를 위한 빅데이터의 활용기술 개발

빅데이터를 가장 효과적으로 사용하는 분야는 미래 예측이다. 다시 말해 과거의 정보와 현재의 상태를 활용함으로써 미래에 어떤 식으로 변화할지

를 추정하고, 추정된 결과를 이용하여 유지관리 방법이나 예산을 미리 확보할 수 있게 하는 것이다. 과거의 정보는 시뮬법 또는 시설물안전법에 의해 조사된 일반적인 ABCDE 등의 손상 등급을 포함한 단순 정보이지만, 미래 예측을 위해서는 위에서 언급한 것처럼 구체화되고 세밀한 정보가 필요하다.

이러한 과거, 현재, 미래를 연결하는 형태의 함수 관계는 열화모델이라는 용어로 대변될 수 있다. 분석된 열화모델을 통해 각 손상이 시간의 경과에 따라 어떻게 변화될지, 어떤 방식의 유지관리를 적용했을 때 어떻게 유지될지 등에 대한 추정 결과를 관리주체에게 제시해 주는 것이 가능할 것이다. 이러한 과정에서 추가적으로 고려되는 것이 미래형 유지관리 분야 핵심기술로 부각되고 있는 인공지능 기술에 대한 것이다. 인공지능의 기본 틀은 구축된 데이터이며, 목적에 따라 다양한 빅데이터를 구축해야 한다.

빅데이터를 활용하면 여러 가지를 알 수 있다. 즉, 우리가 알아야 하지만 데이터의 한계로 인해 인지하지 못했던 분야에 대해서 그 답을 찾을 수 있다. 특히, 시설물의 노후화에는 시간과 재료적 특성, 주변환경 등 여러 요인이 영향을 미친다. 이러한 노후화를 예측하려면 다양한 데이터가 필요하기 때문에 시설물 노후화와 관련된 방대한 양의 데이터를 담고 운용하는 플랫폼을 개발 중이며, 노후도 평가 알고리즘, 노후화 수준 판정 표준화 기술 등 예방적 관리에 필요한 알고리즘 연구가 국내에서 활발히 진행되고 있다.

예를 들어 시설물의 장래 철거 예상 시점, 시설물 보수보강 최적 시기 및 효과, 해당 시설물에 맞는 보수보강공법, 미래 예상 소요 비용, 누수 경로 및

시설물 영향도 수준, 관리자 현장 방문 조사 적정 시점 등이 있으며, 이러한 사항들에 대하여 구축된 데이터를 이용하여 인공지능화 과정을 거치면서 자동으로 관리자에게 전달해 주도록 하는 기술 개발도 필요할 것이다.

5. 시설물 유지관리를 위한 장기 데이터의 역할

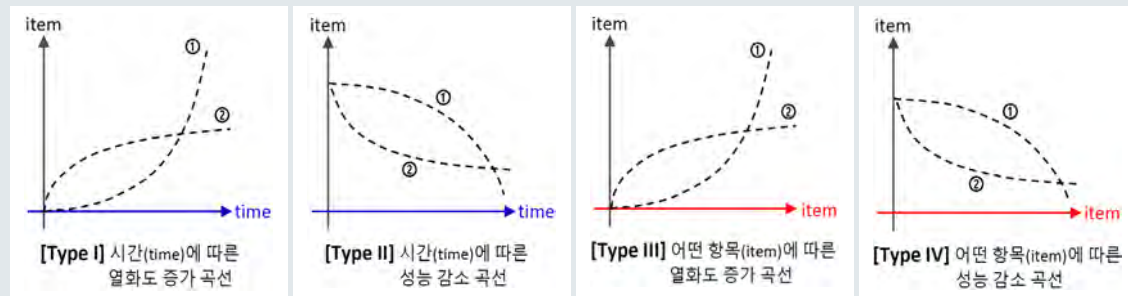
빅데이터 활용에 있어 가장 중요한 역할은 높은 신뢰도로 시설물의 수명 예측을 가능하게 하는 것이다. 우리나라를 포함하여 전 세계적으로 장기적인 데이터를 기반으로 열화모델을 확보한 사례는 없다. 미국이 LTBP(Long Term Bridge Performance) 프로그램으로 다양한 환경 하에 위치한 교량의 장기 성능과 관련한 데이터를 구축한 사례는 있지만, 더 세밀한 환경조건에서의 손상 종류에 대한 데이터를 확보한 사례는 없다. 지금까지 수명예측 또는 생애주기비용 분석(LCC)은 대상 시설물과 가장 유사하다고 판단되는 열화모델이나 다른 연구를 통해 도출된 사례를 이용하였으며, 분석 과정에서 수많은 가정사항을 전제로 하여 수명예측 또는 LCC 분석을 수행해 온 것이 현실이다. 그 결과는 나름대로 근거는 있으나 신뢰도 측면에서는 매우 낮을 수밖에 없는 한계가 있다. 그러나 빅데이터를 기준으로 한 잔존수명 예측 또는 LCC 분석은 이와는 확연하게 다른 신뢰도를 확보할 수 있다. 즉, 현재까지는 콘크리트교량 또는 강교량 등의 1개 또는 2개의 조건에 대한 열화모델이라고 한다면, 빅데이터를 기반으로 한 열화모델은 다양한 조건과 손상 유형을 함께 고려하여 잔존수명을 예측하고 LCC 분석을 수행할 수 있다.

이러한 분석 결과의 신뢰도는 빅데이터가 체계

〈그림 4〉 교량 대상 빅데이터 기반 유지관리 개념 예



〈그림 5〉 시설물 노후화 관련 표준 열화모델 예



적인 시스템을 통해 지속적으로 구축되고 빅데이터 기반 알고리즘이 구체적으로 개발될수록 점점 더 높아질 것이다. 분석 과정에서 적용되는 알고리즘과 구축된 빅데이터를 근거로 미래 유지관리 분야의 핵심기술로 부각될 수 있는 인공지능을 기반으로 관리 체계의 핵심 기반이 조성될 수 있을 것이며, 이러한 기반을 마련하기 위해서는 국가적 차원의 적극적인 투자와 노력이 필요하다.

6. 맺음말

지금까지 시설물 유지관리에 있어서의 빅데이터의 의미에 대해 개인적으로 생각하는 바를 개략적으로 정리하여 제시하였다. 우리나라를 포함한 전세계에서는 시설물의 노후화가 급격하게 진행되고 있다. 이를 해결하기 위해 미래 예측을 기반으로 한 시설물의 노후도 평가에 활용되는 열화환경 및 손상 관련 빅데이터 플랫폼 구축 연구, 시설물 비파괴 검사기술 개발 및 발전을 통한 미탐상 영역 문제 해소 등의 기술 개발이 추진되고 있다.

이와 같이 개발된 기술과 표준화된 플랫폼을 이용하여 국가적 차원의 방대한 빅데이터를 구축하기 위해서는 국가 예산의 투입이 불가피하다. 하지만 투입된 비용만큼 빅데이터의 활용도를 극대화시킬

수 있을지에 대한 의문은 여전히 남는다. 과연 빅데이터를 통한 유지관리 방향 또는 정책 방향이 해당 시설물의 유지관리에 투입되는 비용을 얼마나 절감시킬 수 있을 것인가에 대한 정량적인 수치가 제공되는 것이 현재 상태로는 불가능하기 때문이다. 물론 이러한 상황 비교를 위한 방법론의 제시는 반드시 필요하며, 개선하였을 때 어떠한 효과가 있는지는 정확히 입증해야 할뿐만 아니라 결과를 효과적으로 활용해야 한다.

그러나 지금까지 우리나라의 현실은 장기적인 데이터, 특히 시설물 유지관리에 활용될 수 있는 수준의 데이터가 많지 않다는 것이고, 미래 예측이 불가능한 상황에서 시설물에 대한 관리가 지금까지 지속되어 왔다는 것이다. 또한 일관성 측면이나 근거를 마련한 상태에서의 유지관리라기보다는 근시안적 측면에서 현재 상태를 기준으로 한 유지관리를 수행해 온 것이 현실이다. 지금까지는 이러한 방식이 가능했다고 하더라도 30년 이상 노후화된 시설물의 급증이 예상되는 10년, 20년 이후에는 이에 대한 대책 마련이 필요하다.

이와 관련하여 인지가 가능한 데이터, 즉 확보가 용이한 데이터만을 구축하는 것이 아니라 시설물의 노후화 원인을 규명할 수 있는 세밀한 분야에

대한 모니터링 기술과 해당 데이터를 종합적으로 분석하기 위한 분석 알고리즘을 개발해야 하며, 장기적으로 빅데이터를 구축할 수 있는 환경이 조성되어야 한다. 이를 위해 시설물 노후화에 대비한 빅데이터 구축의 필요성과 공감대가 관·산·학·연 등 전문가를 대상으로 필수적으로 수반되어야 할 것이다. 또한 국가적 차원에서 제도적 기반을 구축하기 위해서는 시설물 성능관리형 유지관리 및 평가방법에 있어 새롭게 제시된 지표와 평가 기준에 대한 근거 마련을 통하여 신뢰도와 정확도를 확보해야 할 것이다. 또한, 해외의 사례와 같이 시설물 고령화에 대하여 고효율적인 예산투자를 위한 국가 주요 시설물을 종합적으로 고려하는 자산관리체계의 조기 도입이 필요하다. 이를 통해 시설물의 안전을 확보할 수 있으며, 나아가 장수명화를 위한 성능 평가 분야 신산업 창출도 가능할 것이다. 🇰🇷

참고 문헌

- 박기태, 국가기반시설의 유지관리 정책 동향 및 기술 개발 방향, 대한토목학회지, 제69권 제3호 통권 492호, 2021.3.
- 한국건설기술연구원, 노후 인프라 시설물 유지관리를 위한 중장기 데이터 기반 표준 플랫폼 구축 및 서비스 기술 개발(3/3), 2020.12.
- 국토교통부, 2019년도 도로 교량 및 터널 현황조사, 2020.6.
- 국토교통부, 제1차 기반시설관리 기본계획, 2020.5.
- 박기태, 빅데이터를 활용한 노후인프라 유지관리 방안, 건설기술 쌍용, vol 77, 2020.3.
- 국회입법조사처, 국가 주요시설물의 관리체계 개선을 위한 입법 및 정책 과제, 2018.12.
- 박기태, 사회기반시설의 예방적 유지관리를 위한 성능중심 관리체계 개념 제안, 한국건설관리학회지 제 19권 제1호, 2018.2.

PSC교량의 유지관리 인식전환과 선제적 유지관리체계 구축

특집 02

조성일 | 서울시설공단 이사장
송상영 | 서울시설공단 도로관리본부장
박윤용 | 서울시설공단 도시설치장
문영철 | 서울시설공단 도시설치 PSC구조물팀장
정종근 | 서울시설공단 도시설치 PSC구조물팀 차장

1. 서론

지난 2016년 2월, 서울시 자동차 전용도로인 내부순환로 상의 정릉천고가교(PSC박스거더교, L=2,260m, MSS공법) 강연선의 심각한 부식으로



〈정릉천고가교 외부텐던 파단(2016.2)〉
(전면교통통제 : 2.21 ~ 3.19)



〈청담1교 내부텐던 부식발견 (2020.9)〉
(10ton 이하 중량제한 : 9.28 ~ 11.10)

인한 외부텐던 파단이 발생하여 해당 구간이 한 달 간 전면 통제되는 시민 불편으로 이어졌다. 이후 2020년 9월에는 올림픽대로의 청담1교(PSC-I교량, L=450m)에서 내부텐던 부식으로 콘크리트 박락이 발생하였다. 역시 안전을 위해 두 달여 간 중차량의 통행 제한이 있었다.

강연선의 파단은 PSC교량의 구조적 안전성에 심각한 문제를 초래할 수 있으며, 해외에서는 이미 강연선 파단이 교량 붕괴로 이어지는 사고가 지속적으로 발생하고 있다. 특히, 영국의 Ynys-Y-Gwas교, 미국의 Lake view drive교, 이탈리아 Morandi교, 일본의 신관(新官)교가 강연선 부식과 파단에 의해 붕괴된 대표적인 사례로, PSC교량 노후화가 강연선의 부식과 파단으로 이어져 결국 붕괴까지 연결되었다.



〈Ynys-Y-Gwas교〉
(영국, 1985)

〈Lake view drive교〉
(미국, 2005)



〈Morandi bridge〉
(이탈리아, 2018)

〈나가노현 新官橋〉
(일본, 1986)

또한 붕괴 사고까지는 아니더라도 유럽, 미국 및 일본 등 우리보다 일찍이 1950년대 이후부터 대규모 교량 건설을 시작한 주요 나라에서는 당시 지어진 PSC교량이 노후화되기 시작해 강연선의 심각한 부식과 이에 따른 파단 사고가 많이 발생하고 있다. 서울도 PSC교량의 64%가 30년 이상 경과된 상태이기 때문에 노후화 진입을 눈앞에 두고 있다.

유럽과 미국에서는 PSC교량의 손상과 붕괴에 대한 지속적인 연구결과를 바탕으로 1990년대부터 유지관리 성능 향상 전략을 수립하고 단계별로 실천하면서 안전 관리에 박차를 가하고 있으나, 국내에서는 관련된 연구가 시작 단계에 불과하여 현재까지는 세계적인 추세에 뒤쳐진 건설기준을 보편적으로 사용하고 있는 실정이다.

그렇지만 국내에서 PSC교량의 문제를 인식하지 못하고 수동적 자세로만 견지했던 것은 아니다. 서울시에서는 2015년 ‘PSC박스거더교 유지관리방안 수립’ 연구를 통하여 해외사례 조사와 관련 기술의 동향을 분석하여 건설기준의 보완, 유지관리체계 개선, 리스크 매트릭스를 활용한 예



방적 유지관리 활동 등을 제시함으로써 서울시의 단계별 유지관리 성능향상 전략을 세계적인 수준으로 향상시키고자 하였다.

서울시설공단(이하 공단)에서는 2016년 국내 최초로 발생한 정릉천고가교 텐던 파단을 계기로 PSC교량의 선제적인 유지관리 체계를 구축하기 위하여 기존의 해외사례, 문헌 조사와 함께 실제 교량을 대상으로 한 실증 기반의 기술 연구 등을 펼치고 있다. 공단에서는 곧 닥칠 위기를 슬기롭게 극복하고 보다 만반의 태세를 갖추으로써 시민 안전 확보의 목적을 달성하고자 역량을 집중하고 있다.

2. PSC교량 유지관리체계 초석 마련

2015년 서울시에서는 PSC교량 중 교량의 여유도가 없는 단재하 경로의 PSC박스거더교를 대상으로 노후화 및 강연선 부식에 대비하고 포스트텐션 시스템의 장기적인 안전성과 내구성을 확보하기 위해 ‘PSC박스거더교 유지관리방안 수립’ 연구의 시행에 들어갔다.

먼저, 해외의 유지관리 성능향상 전략 사례 조사와 연구동향 분석을 통해 국내의 상황을 인식하고, 포스트텐션 시스템의 보호등급(Protection Level)을 평가하여 등급별 유지관리 중점사항을



도출해냄으로써 단기 및 중·장기적인 유지관리 성능향상 전략 수립을 목표로 하였다. 아울러 미흡한 국내 건설기준의 보완과 유지관리 선진화를 위해 보호등급 평가의 국내 도입의 필요성을 제시하였다. 해외 사례를 들어 텐던의 충전결함(Voids)과 PS강연선 노출 및 부식상태 조사, 그라우트 건전성(염기

도, 염화물 함량) 조사 방법 등을 구체적으로 제시하였는데, 이는 실제 2016년 정릉천고가교 텐던 파단 시 국내에 동일형식의 PSC박스거더 교량으로 건설된 국도, 고속도로 교량 403개소의 일제 점검에 활용되었다. 당시 국토교통부에서는 이 매뉴얼에 따라 텐던 청음조사, 내시경조사, PE관 절개조사를 진행하여 텐던의 건전성을 확인하였다.

또한, PSC박스거더교의 가설공법별 특성에 따른 점검항목(Check List)을 제시하고, 이를 활용하여 리스크 매트릭스(Risk Matrix) 평가 및 일상점검을 통해 예방적 유지관리 강화 방안을 구체화함으로써 환경적 유해요인의 노출정도와 구조물의 보호 상태에 따른 유지관리방안을 제시하였다.

3. 외부텐던 PSC교량 유지관리체계 구축

2016년 정릉천고가교 외부텐던 파단 발생은 공용 중인 PSC박스거더교를 대상으로 한 광범위한 정

밀조사, 구조해석, 보수방안 검증, 비파괴검사법 신뢰도 확인 및 부식 모니터링 시스템 구축으로 이어졌으며, 이를 통해 서울시 PSC박스거더교의 텐던 보수 및 유지관리기준을 수립할 수 있었다. 2016년 당시 국토교통부 지침에는 텐던의 점검 방법 및 상태평가가 명시되지 않는 등 제도적 장치가 미비한 실정이었으나, 공단이 해당 연구 결과를 토대로 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(안)’을 구축해 국토교통부에 제안함으로써 세부 지침 개정(2018. 6)에 기여하기도 하였다. 또한, 교체 예정 텐던을 대상으로 혼합그라우팅(진공+압력)을 이용한 공극 충전 기법과 그라우트 내 강연선 부식 방지를 위한 고품질시멘트와 방청제 함침 기법의 적용성을 검증하였고, 재그라우팅시 신·구 그라우트 경계면에서의 매크로 셀(Macro Cell) 부식에 의한 파단여부 검증을 위한 시험체를 제작하여 전기 화학적 부식 변화를 모니터링 할 수 있는 ‘텐던 부식 모니터링 시스템’도 개발하였다.

3.1 정릉천고가교 파단 원인 분석



정릉천고가교 외부텐던 파단은 그라우트의 충전 부족과 함께 재료분리에 의해 발생한 블리딩수가 강연선 부식을 유발했고, 여기에 에어벤트를 통해 염화물을 함유한 수분이 침투함으로써 부식이 촉진돼 발생한 결과였다.

보다 세부적으로 설명하면, 건설 당시의 시방기준과 시험방법에 맞게 시공하였지만 블리딩이 발생할 수 있는 그라우트를 사용해 충분한 품질관리가 이뤄지지 않았고 이로 인하여 덕트 내부와 에어벤트부에 공극이 발생한 것이다. 여기에 파단 위치가 채수 발생이 쉬운 지점(횡단 및 종단 선형이 동시에 완만)이었기 때문에 교면 포장 및 방수층의 손상이 촉진되었고, 교면의 상부로 배치된 채워지지 않은 에어벤트부로 염분을 함유한 노면수가 침투되어 강연선의 부식이 촉진됨으로써 결과적으로 파단 상황에 이른 것이다. 파단이 발생한 강연선과 부식이 심한 텐던은 교체하였으며, 그라우트 공극이 확인된 외부텐던에 대해서는 재그라우트 방안을 제시하였다.

3.2 외부텐던 보수방안의 현장 적용 및 안전성 평가

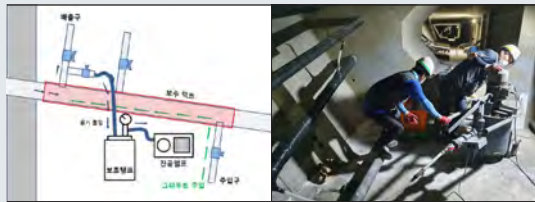
공극부 보수방안인 재그라우트의 적정성과 안전성을 실증적으로 확인하기 위해 교체가 예정된 외부텐던을 활용하였다. 2년 동안 경과상태를 조사한 결과 대부분 충전상태가 양호했고 추가로 부식이 진전된 징후는 없었다. 따라서 기존 그라우트의 상태가 양호하고 염화물이나 황산염이온 농도가 낮은 경우에는 텐던의 추가 부식 위험은 높지 않은 것을 판단할 수 있었다. 고품질의 그라우트를 주입해 공극을 채우면 부식 전위가 양(+)의 방향으로 회복되어 강연선의 부식이 억제되며, 방청제를 주입한 경우에는 염화

〈표 1〉 요구-보호등급(PL-req) 및 설치등급(PL-use)의 비교(두모교, 서강대교)

두 모 교(외부텐던 교량 사례)			서 강 대 교(내부텐던 교량 사례)		
구 분	PL-req	PL-use	구 분	PL-req	PL-use
외측경간 외부텐던	* PL-2	PL-0	슬래브 수평텐던(1차 텐던)	* PL-2	PL-0
내측경간 외부텐던	** PL-1		Web 수직텐던(2차 텐던)	** PL-2	
횡방향 텐던	* PL-2		서강대교 횡방향 긴장재	** PL-2	

평가 결과	구조물 보호상태 유해도인 노후상태	구조물 보호상태		
		High	Medium	Low
	Low	PL-1	PL-2	
	Medium		PL-1	
	High			PL-3

평가 결과	구조물 보호상태 유해도인 노후상태	구조물 보호상태		
		High	Medium	Low
	Low	PL-1		
	Medium		PL-2	
	High			PL-3



그라우트 주입 시험



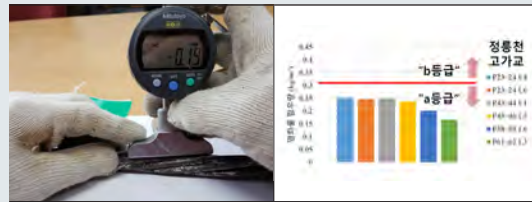
부식 전위측정 시험

물이 있어도 부식 전위의 회복이 빠르데다 매크로 셀 부식 전류가 작고 빠르게 0으로 수렴하여 결과적으로 부식 억제에도 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 그라우트 보수 방법 등 경과 사항을 종합하여 보수그라우트 매뉴얼을 만들었다.

3.3 교체된 기존 외부텐던 정밀 분해조사

부식이 발견되어 교체한 기존 텐던은 정밀 분해하여 조사함으로써 교량의 안전한 보수·보강 및 선제적 유지관리에 활용이 가능하도록 하였다. 우선 100개의 시편을 채취하고 계측 결과를 분석해 그라우트 공극 발생과 부식 발생 패턴 확인이 가능하도록 데이터베이스를 구축하였으며, 강연선 부식 상태와 그라우트 상태의 상관관계도 확인하였다.

시편 인장 실험을 통해서도 부식 수준에 따라 연신율의 급격한 저하가 나타났지만 항복변형률과의 관계는 비례하지 않아 부재 자체의 불균질성에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 외부텐던 데이터베이스 구축을 위해 연구 과정에서 도출한 자료



부식 형상 및 깊이 측정

그라우트 염화물 분석



강연선 인장 시험

를 정리하고 현장 조사를 통해 파악된 그라우트 공극 분포도와 공기 중 노출된 강연선 수와 부식 강연선의 분포를 정리하였고, 공극이 가장 심한 부분에 대해 청음조사 결과를 비교하여 신뢰도를 확인하였다.

교체대상 텐던의 정밀 조사·분석은 그라우트 및 강연선 특성 데이터를 확보 축적함으로써 보수방안 추적조사의 기초자료로 활용될 수 있으며, 동시에 향후 외부텐던 교량의 안전한 보수·보강과 선제적 유지관리에 도움이 될 것이다.

4. 내부텐던 PSC교량 유지관리개선 추진

그 간의 연구를 통하여 외부텐던 PSC교량은 일정 수준 이상의 유지관리체계를 구축할 수 있었다. 그러나 콘크리트 내부에 있는 텐던의 부식과 파단의 경우는 육안으로 손상여부 확인이 불가능하여 건전성에 대한 불확실성은 여전히 남아 있다. 이에 PSC교량 내부텐던의 위험수준 평가를 통한 장기 유지관리체계 마련의 필요성이 새로운 현안으로

다가왔다.

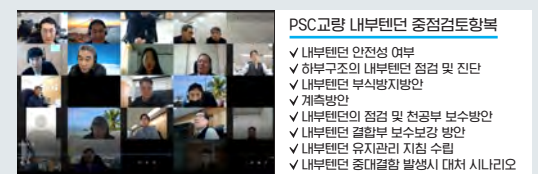
공단에서는 내부텐던의 부식과 관련된 해외 문헌 및 사례, 학술자료를 분석하였으며, 내외부 전문가와 함께 집단지성으로 현안 문제를 해결하는 PSC 오픈이노베이션을 20여 차례 실시하여 내부텐던 PSC교량 관리를 위한 중점검토 사항을 도출하였다.

이를 기반으로 내부텐던 PSC박스거더교의 장기적 안전성과 내구성을 확보하기 위한 유지관리 기준 수립과 기술의 선진화를 위하여 4개의 과제를 선정하여 연구를 진행하고 있다.

첫 번째 과제는 내부텐던의 상태 조사 및 위험수준 평가를 위한 연구이다. 내부텐던의 샘플링 수량 산정 기준 수립, 실물 모형 실험체를 이용한 내부텐던 결함조사 및 복구방법 수립, 내부텐던 상태조사, 교량별 위험수준 평가 및 결함부 보수보강 방안 수립이 세부 목표로 구성되어 있다. 두 번째 과제는 PSC박스거더교의 건전성 모니터링 시스템 구축으로, 강연선 파단 모니터링을 위



PSC 오픈이노베이션 토론



웨비나 화상회의

내부텐던 중점검토 항목

한 음향방출(Acoustic Emission, AE) 시스템 시범 구축과 데이터 분석, 광섬유 센서를 이용한 구조물 건전성 모니터링 시스템 시범구축 후 시스템별 장·단점 분석 및 적용가능 여부 제시 등을 목표로 하고 있다. 세 번째 과제는 PSC박스거더교의 장기 유지관리 체계 수립으로 교량별 내부텐던 파단 대응 시나리오 및 긴급대응 판정 기준 수립, 내부텐던 장기 모니터링 유지관리 LCC 분석, PSC박스거더교 내부텐던 점검 및 유지관리 기술 표준(안) 제안, 내부텐던 점검·조사 유지관리 지침 수립 및 점검 매뉴얼 등을 제시한다. 마지막 과제는 최근 청담1교(PSC I형 거더)의 내부텐던 부식 발견에 따라 PSC박스거더교 뿐만 아니라 PSC 일반거더 교량에 대해서도 교량의 건전성 평가 및 유지관리 기준 마련이 필요하다는 인식에 따라 이에 대한 연구가 진행 중이다. 이번 연구는 2022년 5월까지 완료할 예정이다.

4.1 내부텐던에 대한 상태조사 및 위험수준 평가

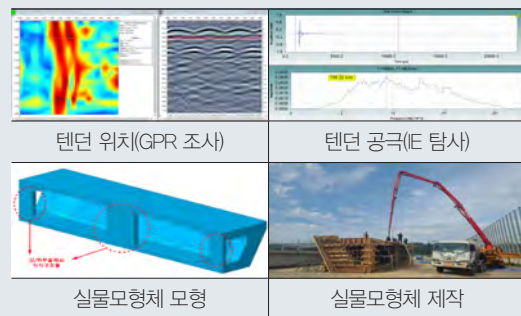
내부텐던 상태를 확인하기 위해서는 모든 텐던을 전수조사 하는 것이 가장 확실한 방법이다. 하지만 시간과 예산면에서 현실적으로 불가능하므로 합리적인 기법에 따른 샘플링 수량 선정이 중요하다. 샘플링 수량 산정 기준은 기존 해외에서 제시된 CS465와 FHWA(2013), 그리고 국내의 'PSC박스거더교 유지관리방안 수립(2015)' 연구에서 제시한 방법이 있다.

본 연구에서는 국내·외 샘플링 기법들을 검토 분석하여 개선방안을 제시하고 상태조사를 진행하며 수정 보완할 예정이다. 그리고 최종 확정된 기법으로 도출된 조사수량을 대상으로 PSC박스거더교 내부텐던의 상태조사가 진행되며 그 이후

의 절차는 다음과 같다.

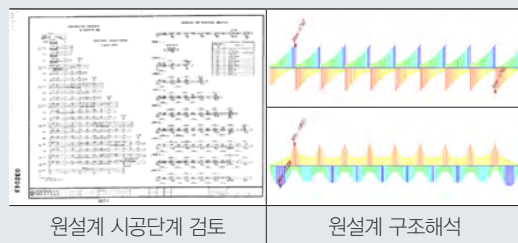
우선 관련 문헌 검토(설계도서, 점검 및 진단보고서) 및 외관조사 등 상태조사를 진행할 위치를 선정하고 설계도를 기초로 철근과 텐던의 대략적 위치를 파악한다. 다음으로 텐던의 정확한 위치는 GPR(Ground Penetrating Radar) 탐사로 확인하고, Impact Echo(IE) 탐사로 그라우트 공극을 확인한다. IE 탐사 결과는 머신러닝 성능평가를 거쳐 그라우트 공극 탐사의 정확성을 높이고, 드릴링 및 내시경 조사로 텐던의 부식 상태를 파악하고 시료를 채취해 그라우트의 중성화와 염화물 함량을 분석한 후 마지막으로 콘크리트 복구 작업을 진행한다. 여기서 내시경 조사로 GPR 및 IE 탐사의 신뢰성을 검증할 수 있으며, 직접적인 육안점검으로 대상 교량 내부텐던의 건전성을 확인한다.

아울러 비파괴 기술을 이용한 내부텐던 결함조사 방법과 복구방법을 최적화하고 실제 교량의 내부텐던 상태조사 시 적용성을 검증하기 위해 ‘텐던 및 그라우트 손상이 모사된 실물모형체를 제작’하여 연구에 사용 중이며, 향후 다양한 PSC관련 연구에 활용할 수 있도록 한국건설기술연구원 연천 SOC 실증연구센터에 반영구 존치시켜 국내 기술발전에 도움이 되고자 한다.



4.2 구조물 건전성 모니터링 시스템 구축

육안으로 확인하기 전까지 파단이나 결함 등을 감지하기 어려운 PSC박스거더교의 내부텐던을 효과적으로 검사하기 위한 검사방법 중 하나는 AE기술을 활용한 내부텐던 모니터링 시스템의 구축이다. AE기술은 균열의 성장부터 파괴거동 시 발생하는 탄성파를 탐지하여 비파괴적으로 강재를 평가하는 검사방법으로, 본 연구를 통해 현장여건을 반영한 맞춤형 AE모니터링 시스템을 설계 제작하고 시스템 검증을 위해 별도의 실험체에 설치하여 반복하중과 인장 파괴 실험을 수행하였으며, 내부텐던 부식촉진 장치를 설치 후 부식과정에서 나오는 음향방출신호를 계측 중에 있다. 시스템 검증이 완료되면 홍제천고가교 일부 구간에 설치하여 최소 6개월간 모니터링 계측을 수행할 예정이다.



4.3 내부텐던 장기 유지관리체계 수립

각 교량별로 내부텐던 손상으로 내구성에 영향을 미치는 영향인자를 분석하고, 손상 발생 시 즉시 대응 가능하도록 대응 시나리오(교량의 하중제한, 제한여부 결정 등을 위한 판정기준 제시)를 작성하여 재난 예방을 위한 준비를 하고 있다.

또한, 텐던 보강을 위한 예비텐던 설치 시 구조 안전성을 검토(정착블럭이 없는 경우 예비텐던용 정착블럭 설계)하여 보강방안을 제시하며, 내부텐던의 장기 모니터링을 위해 유지관리 기간, 예산, 필요인력 등 LCC를 분석하고 최적화하여 대상교량들의 장기 모니터링 기간 및 예산을 검토할 계획이다.

4.4 PSC 거더 교량의 건전성 평가 및 유지관리 기준 마련

청담1교의 내부텐던 부식 발견으로 PSC I형 거더 교량도 PSC박스거더의 내부텐던과 같은 손상이 발생될 가능성이 있으므로 서울시 126개 대상 교량에 대해 설계서, 점검보고서 등 관련 자료를 검토해 6개소를 조사 대상으로 선정하였다. 내부텐던 샘플링 산출기준을 수립 후 기준수량에 따라 내부텐던의 상태조사(GPR조사, IE탐사, 내시경



조사, 그라우트 성분분석)를 실시할 예정이며, 구조 형식별 위험수준 평가와 안전성 검토 후 PSC 거더 내부텐던 점검조사 유지관리 지침(점검 매뉴얼 포함)을 수립할 예정이다.

5. 결론

정릉천고가교 외부텐던 파단 발생 이후 서울시설공단에서는 외부텐던 유지관리개선을 위한 연구를 통해 손상원인 분석, 보수보강방안 제시 및 유지관리 지침 등을 마련하였고, 텐던의 건전성 조사를 위한 상태평가 방안과 지침 등 세부지침(안)을 제시하여 국토교통부 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 개정(2018.6)’에 기여하였다. 또한 그라우트 보수방안의 현장 적용과 안전성 평가, 교체 대상 외부텐던의 정밀조사를 통한 데이터 구축 및 보수 그라우트 매뉴얼을 국내 최초로 수립하기도 하였다.

그 간의 연구를 통해 외부텐던은 일정한 수준 이상의 유지관리체계를 구축하였으나, 내부텐던 교량의 경우 점검방법의 기술적 한계로 유지관리에 어려움을 겪고 있었고, 이에 공단은 ‘PSC 오픈 이노베이션’을 추진하면서 각계 전문가들의 집단지성을 활용하여 ‘PSC교량 유지관리 문제점의 개선’에 대한 집중 논의로 내부텐던 교량의 중점 검토 항목을 도출하고 각 항목을 중심으로 PSC교량 내부텐던의 유지관리개선 연구를 추진하고 있다.

현재 진행 중인 내부텐던 관련 연구가 완료되면 PSC 교량의 내·외부텐던의 지식과 기술이 축적될 것이며, 서울시설공단이 세계와 견줄 수 있을 정도의 기술역량을 갖출 수 있을 것이다. 서울시설공단은 모든 연구결과를 국내·외 관계기관과 폭넓게 공유해 PSC교량 유지관리 기술의 발전에 기여할 수 있도록 최선을 다하겠다. 🇰🇷

노후 콘크리트 교량의 효율적 유지관리를 위한 실증기반 성능 및 보수보강 평가 연구

- 노후교량 장수명화 연구단 연구 성과 중심 -

특집 03

김현중 | 명지대학교 하이브리드구조실험센터 책임연구원

1. 서론

노후화된 시설물의 유지관리는 직접적인 비용뿐만 아니라 자산가치 측면의 사회적 편익까지 고려하면 그 비용이 급격하게 증가할 수 있기 때문에 선진국에서는 중대한 사회적 문제로 인식하고 있다. 최근 미국과 캐나다와 같은 선진국에서 노후 인프라 시설에 대한 유지관리 비용이 천문학적으로 급증한다는 문제가 대두되면서 국내에서도 급속도로 노후화가 진행되고 있는 시설물 유지관리에 관심이 크다.

특히, 미국의 ASCE Infrastructure Report Card 2017 보고서에 따르면 30년 이상 된 교량은 약 148조 원의 보수보강 비용이 발생할 것으로 예측하고 있다. 국내에서는 국토교통부 현황 자료에 따르면 30년 이상 된 교량이 2017년 기준으로 약 3,454개소이며 10년 뒤인 2027년에는 약 10,961개소로 급격하게 증가하고, 30년 이후에는 약 3만 2천개 이상의 교량이 노후화되면서 해외 사례

와 유사하게 유지관리 비용이 급격하게 상승할 것으로 예측된다. 교량 노후화의 증가 추세 규모의 차이는 있으나 미국에 이어 우리나라는 대략 30년 차이를 두고 유사하게 발생되고 있다.

국내에서는 교량 노후화 문제를 합리적으로 해결하기 위해 성능평가 중심으로 수명을 예측하고 정확한 내하력 평가를 위해 다양한 연구가 수행되어 왔으나, 신뢰도 있는 성능평가와 보수보강 효과의 검증은 객관적으로 판단할 수 있는 기준은 아직 마련되지 않은 실정이다.

그 이유는 기존의 교량 성능평가와 보수보강 공법에 대한 연구의 경우, 다양한 환경에 대한 복합적인 재료의 노후화 요소를 반영하는 것은 불가능하기 때문에 실험체에 대한 부재 단위 또는 소규모 모사방법을 통해 검증할 수 있는 실험적 한계를 갖고 있으며, 노후화에 따른 교량 성능을 정량화 하여 입증하는 것은 매우 어렵기 때문이다. 새로 개발되는 신규 형식의 교량이나 새로운 공법을

검증하는 경우에는 성능의 객관적인 검증을 위해 실제 교량을 제작하여 성능을 검증한다. 그러나 기존에 건설된 교량은 실증 실험을 통해 노후화에 대한 성능을 평가하였으며, 보수보강 효과를 객관적으로 검증하고 미래의 성능을 예측하는 연구는 지금까지 간접적인 방법과 모사화된 실험을 통해서 평가해왔다.

이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 무엇보다도 기존의 노후화된 교량의 평가와 보수보강 효과의 평가방식을 신뢰성 있는 객관적 데이터에 기반할 수 있는 방법의 전환에 대한 연구가 필요하다.

실증실험을 통한 노후화된 교량의 평가는 보수보강의 설계 기반을 구축할 수 있는 합리적인 비용 산정의 기준을 마련할 수 있으며, 막대한 보수보강비용을 효율적으로 저감할 수 있는 방법의 도출이 가능하다. 또한, 노후화된 교량의 실증 실험에 대한 데이터가 전용 DB구축을 통해 다양한 전문가에게 검증된다면 교량관리주체와 보수보강업체에서는 보수보강의 시기와 공법의 의사결정을 위한 지침으로 활용이 가능하며, AI, 딥러닝 등 새로운 분석기법을 적용할 수 있는 플랫폼을 구축할 수 있어 향후 노후화된 교량의 유지관리 제도개선에 활용할 수 있다.

“노후교량 장수명화 연구단”에서는 노후 교량의 효율적 유지관리를 위한 근본적인 방법 도출을 위해 철거 교량을 직접 운반하여 파괴 실험과 다양한 재료 실험을 수행하여 성능 저하에 대한 원인을 분석하고 있다. 또한, 철거된 교량에 기존에 수행된 보수 보강 기술을 직접 적용하는 정량적 효과 검증을 수행하여, 노후 교량 유지관리

에 효율적인 의사결정과 제도 개선을 위한 기초 자료로 활용할 수 있는 방안도 함께 연구하고 있다. 이러한 연구는 노후화된 교량의 안전 신뢰도 향상과 국민안전 인식 향상에 기여하기 위한 목적을 기반으로 문제를 해결하고자 노력하고 있으며, 이에 본 고를 통해 국내외 노후교량의 현황과 실증실험을 기반으로 수행하고 있는 연구에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

2. 교량의 노후화

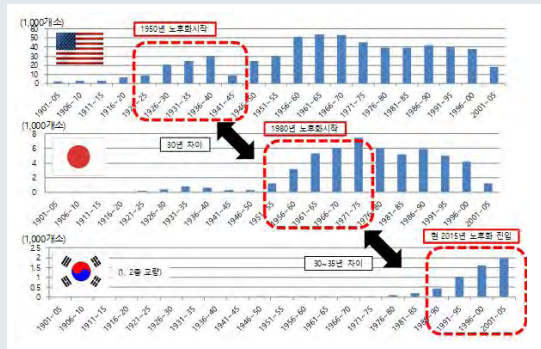
2.1 교량 노후화 문제

모든 인프라 시설물은 국가의 기반시설로서 가치가 있으나 그 중 교량은 국가의 건설기술 경쟁력의 가장 큰 지표가 된다. 또한 지역적 랜드마크로서의 역할뿐만 아니라 지역경제의 근간으로 사회적으로 가장 집중을 받는 시설물이다.

하지만 1983년 6월 미국에서 붕괴된 코네티컷주 Mianus River Bridge나 1987년에 붕괴된 뉴욕주 Thruway Bridge, 2007년에 붕괴된 미네소타주의 Minnesota Bridge의 붕괴는 노후화된 교량에 대한 투자와 의사결정이 늦어짐에 따라 교량의 안전에 심각한 문제가 발생할 수 있다는 사실을 알려주는 중요한 사례로 볼 수 있다. 또한 미국의 인프라 시설물 유지관리 실패 사례는 적절한 보수 보강 시기를 간과하면 천문학적인 유지관리 비용이 발생할 수 있다는 점을 시사한다. 그래서 많은 국내외 전문가들은 노후화된 인프라 시설에 대해 예방적인 투자와 적절한 대책이 필요하다고 지속적으로 주장하고 있다.

선진국의 교량 노후화 시기가 우리나라에도 매우 중요한 시사점을 준다는 것은 <그림 1>의 분석

〈그림 1〉한·미·일 국가별 교량 준공현황 비교 (국토교통부 교량 현황조사서 2016)



〈그림 2〉2017 Infrastructure Report Card (Bridges)



자료를 통해 유추가 가능하다. 미국은 1950년부터 30년 이상 된 노후 교량이 발생되기 시작했으며, 일본은 1980년부터 교량 노후화가 되었다. 국내의 경우 1960년부터 시작한 경제성장을 통해 1980년부터 급격하게 교량을 건설하여 약 35년이 지난 2015년부터 국내 교량도 노후화가 시작되고 있다는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 2〉와 같이 미국의 2017년 보고서에 따르면 30년 이상 된 노후 교량을 기준으로 2006년 115억불에서 2010년 180억불, 2017년에는 1,230억불(약 140조) 이상의 막대한 보수보강 비용이 필요

한 것으로 분석되고 있다. 미국의 교량은 2017년을 기준으로 30년 이상 된 노후교량이 전체 교량의 66%를 차지하고 있으며 50년 이상 노후교량도 약 40%에 가까운 만큼 교량 노후화가 심각하다.

2.2 국내 교량의 노후화 현황

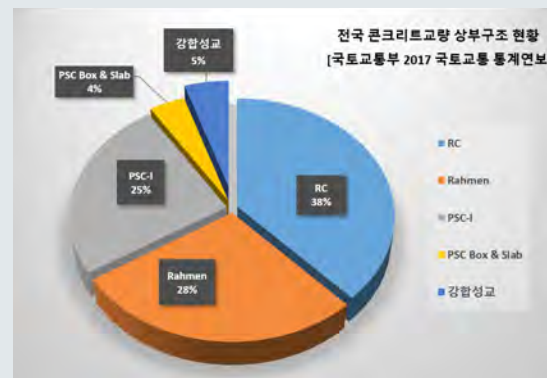
2016년 교량현황조사서(2015.12)에 따르면 약 3만여 개의 교량 중에 2017년을 기준으로 약 3,500여 개가 30년 이상 노후화되었으며, 10년 뒤에는 약 1만 개 이상, 20년 뒤에는 2만 3천개 이상 교량이 급격하게 노후화 되는 것으로 나타났다.〈그림 3〉

〈그림 4〉는 2018년 도로 교량 및 터널현황조사서(2017년 기준)를 콘크리트교량 기준으로 분류한 결과이다. 교량 총 33,572 개소 중 연구단에서 실증교량으

〈그림 3〉공용연수 30년이상 국내 교량 증가비율

연도	개소	노후교량 비율
2017년	3,454개소	10.3%
2022년	5,839개소	19.5%
2027년	10,961개소	33%
2037년	23,015개소	75%

〈그림 4〉2017년 기준 국내교량의 상부구조형식별 비율 (공용연수 30년 이상)



로 연구를 수행하는 콘크리트교량 상부구조를 형식별로 구분하면, 가장 많은 부분을 차지하는 교량 형식이 RC슬래브, 라멘교, PSC-I 3종으로 전체 교량의 약 91% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며, 이중 30년 이상을 초과한 교량의 경우는 RC슬래브, PSC-I, 라멘교 순으로 나타났다. 이러한 조사결과는 국내 교량의 노후화에 따른 대표적인 교량 형식을 크게 3가지로 분류할 수 있으며, 앞으로 유지관리 대상 교량의 우선순위를 결정할 수 있는 척도로 활용이 가능하다.

2.3 교량노후화에 따른 선진국의 대처

미국, 영국, 호주, 캐나다 등 선진국에서는 인프라 시설물 관리 전담 기관을 마련하여 각국에 맞는 노후 인프라 시설물에 대한 대비책을 마련해 시행하고 있다. 특히 인프라 시설물 노후화가 심각한 미국과 호주, 캐나다는 인프라 시설물의 자산관리 프레임 워크를 구축하여 정부적 차원의 리더십으로 자산관리 체계를 구축하고 사전적인 예방과 관리가 가능한 정보시스템 체계를 마련하고 있다.

영국은 〈그림 5〉와 같이 UK Infrastructure 2050과 같은 국토 인프라에 대한 마스터플랜을 수립하여 노후화된 인프라 시설물의 통합관리 시스템을 통해 투자계획을 마련하고 있다. 일본은 〈그림 6〉과 같이 국토 인프라 전체를 통합 관리할 수 있는 국가적 차원의 연구 프로젝트로 지정하여 수행하고 있다. 최근 미국은 경제회복과 확장적 재정정책의 일환으로 신규 및 노후화된 인프라 시설물의 투자를 시작하여 1조 달러 규모의 투자가 현실화되고 있다. 이러한 정책적 결정이 가능한 이유는 인프라 시설물의 노후화 문제의 심각성

을 인지하고 지속적인 연구를 통해 노후화 시설물 유지관리에 대해 수준 높은 보고서(Infrastructure Report Card)를 작성하고 〈그림 7〉과 같이 합리적인 유지관리 계획 수립과 예산 반영을 위한 체계적인 준비를 하고 있기 때문이다. 이렇듯 선진국들이 인프라 시설물의 노후화 유지관리에 많은 노력을 기울이는 이유는 예방적인 시설물 유지관리가 되지 않을 경우에 유지관리 비용이 급격하게 발생된다는 것을 직접 경험했기 때문이며 통합 유지관리의 중요성을 인식했기 때문이다.

〈그림 5〉영국의 인프라 통합관리 시스템 (UK Infrastructure 2050)



〈그림 6〉일본의 전략적 혁신창조프로그램 SIP



〈그림 7〉 미국의 인프라 마스터플랜 (MAP-21 US Road Facilities Maintenance)



3. 노후교량의 장수명화를 위한 연구

3.1 국내 교량의 노후화 기준 산정

노후교량 장수명화 연구단에서 대상으로 하는 노후 교량의 판단기준은 법인세법 시행규칙 제 15조(내용연수와 상각률) 제 3항에 준하여 ‘철근콘크리트’ 건축물의 감가상각 법적 내용연수 (30년~50년)의 하한인 30년을 경과한 시설기준과, 국토안전관리원에서 규정하는 정밀점검과 정밀안전진단 결과의 재점검 요건인 ‘30년 이상 경과하고 안전등급 C등급 교량’을 근거로 교량의 노후화를 정의한다. 경간장은 2중 교량시설물 최대 경간장 50m를 포함하며, 30년 이상 된 노후교량의 실태조사를 통해 대부분의 교량이 포함될 수 있도록 80m 이내의 경간장을 기준으로 하였다.

교량 노후화에 대한 기본적인 결함 기준은 국토안전관리원의 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침에 따라 교량 시설물의 상부구조에 대한 중대한 결함 정도인 염해, 탄산화에 의한 내구성 손실과 콘크리트 균열 및 재료 분리, 철근량 부족, 피로 등에 의

한 구조적 내하력 손실을 중대한 결함으로 정의하며, 내구성과 내하력에 대한 결함을 기본으로 하여 안전성에 대한 노후화를 기준으로 하였다. 따라서 노후교량 장수명화 연구단은 재료적, 구조적 실증 데이터를 기준으로 교량 노후화에 대한 평가모델과 보수보강 모델을 검증하고 효율적인 유지관리를 위한 제도개선 방향을 제시한다.

3.2 노후교량 장수명화 연구단 구성 및 목적

노후교량 장수명화 연구단은 〈그림 8〉과 같이 교량과 보수보강의 성능검증을 위한 실험검증과 노후교량의 성능평가 기술개발 및 개선방안을 제시하는 2개의 세부과제로 구성되며, 7개 대학, 2개 기관 등 총 10개의 연구기관이 함께하고 있다. 노후교량의 수명연장을 위해서는 실증실험을 기반으로 현재 노후화된 교량의 정확한 성능평가가 이루어져야 하며, 신뢰성 있는 의사결정을 통해 성능검증도 함께 요구된다. 연구단에서는 〈그림 9〉와 같이 노후교량의 성능평가와 보수보강 효과검증을 위한 기술의 제도화 및 실용화를 통한 노후교량의 장수명화를 목표로 연구를 수행하고 있다.

〈그림 8〉 노후교량 장수명화 연구단 구성



〈그림 9〉 노후교량 장수명화 연구단 연구목표

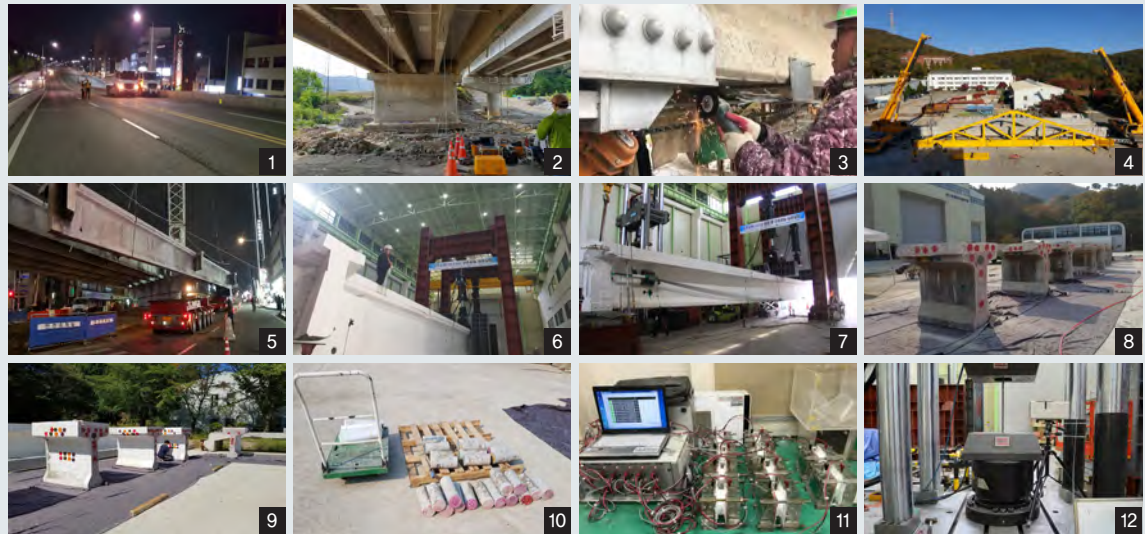


3.3 노후교량 실증실험 수행내용

노후교량 장수명화 연구단에서는 공용중인 철거 예정 교량 실증실험을 통해 신뢰도 기반의 내하력 평가 방법, 빅데이터 분석기법, AI 등을 이용한 다중데이터 성능평가 기술 검증 연구를 사전에 수행한다. 또한 현재 기준에 맞는 성능평가를 수행하여 교량 성능평가의 문제점과 개선방안을 제시한다. 노후화된 교량의 철거가 진행되면 철거된 교량을 거더 및 슬래브 단위로 현장에서 절단하여 실험실로 운반하거나 운반이 어려울 경우 현장에서 직접 파괴하여 노후화된 교량의 기본 구조성능을 검증할 수 있도록 현장 재하장치를 개발하였다. 대형 실험실로 운반된 교량의 거더와 슬래브는 기본적인 파괴시험을 수행하여 노후화에 따른 구조적 성능을 검증하고 다양한 재료 실험 결과와의 상관성을 분석한다. 나머지 철거된 거더에는 보강 공법을 직접 적용하여 구조 파괴 및 피로 시험을 수행하여 보강 공법의 효과 검증도 수행한다. 또한 콘크리트뿐만 아니라 교량의 텐던과 철근의 노

후화도 함께 분해하여 재료 성능을 검증한다. 모든 구조적 재료적 데이터는 실증 데이터를 기반으로 해석을 수행하여 부재단위의 신뢰도 있는 구조 모델을 개발하고 교량단위로 해석하여 다양한 노후교량의 안전성 검증에 활용된다. 이러한 실증실험 이외에도 보수보강 상태의 모니터링을 위한 광섬유센서 보강기술과 공용중 차량의 하중을 측정할 수 있는 WIM 시스템의 개발도 함께 수행한다. 연구단에서는 총 21개의 공용 중인 교량을 대상으로 2019년에 개정된 ‘시설물 안전 및 유지관리’에 관한 특별법’에 의거하여 교량의 성능평가를 수행하며, 고속 축중계 WIM(Weigh-In-Motion) 및 CCTV를 교량에 설치한 후 장기 모니터링을 수행을 통해 교량의 공용중 동적 거동 특성을 확인하여 신뢰도 기반 내하력 평가에 활용한다. 〈그림 10〉에서는 노후교량 장수명화 연구단에서 수행하는 1개 교량 단위의 실증실험절차를 보여주고 있다. 철거교량의 경우는 위와 같은 절차를 통해 실증실험을 수행한다.

〈그림 10〉 노후교량 실증실험 수행절차



- | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 01_ 공용중 차량재하시험 | 05_ 철거교량 슬라브 및 거더 해체 | 09_ 콘크리트 비파괴 시험 |
| 02_ 공용중 다중데이터 모니터링 실험 | 06_ 철거교량 거더 구조(파괴)실험 | 10_ 코어 강도 및 탄성계수 시험 |
| 03_ 교량 손상 딥러닝 기반적용 실험 | 07_ 철거교량 보강 전후 구조 (파괴 및 피로) 실험 | 11_ 내구성 시험 (탄산화, 염해, 동결융해, SAM촬영) |
| 04_ 현장구조실험장치 개발 | 08_ 철거교량 절단 및 텐던, 철근 분리 | 12_ 철근 및 내부텐던 인장시험 |

3.4 노후교량 실증실험 수행성과

노후교량 장수명화 연구단은 교량 T/B 수행을 21개 교량을 대상으로 수행함으로써 계획대비 성과를 4차년도에 완료하였으며 추가적인 성과도 함께 달성하였다. 특히, 국내의 논문은 약 50건 중 SCI 논문을 25편 이상 게재하였으며, 10개 이상의 특허, 12건 이상의 소프트웨어 등록, 4개의 기관과 MOU를 체결하는 등 우수한 성과를 도출하였다. 또한 노후화된 철거교량의 실증실험에 대한 필요성을 알림으로써 서울시의 ‘철거교량을 활용한 선제적 대응체계 구축 계획’ 수립 정책반영에 기여하였으며, 3종 교량의 3D 손상정보 프로그램을 개발하여 강원도 교량에 적용하는 실적을 달성하였다. 올해 연구단이 종료되는 시점에서는 교량의 보수보강을 위한

절차서(안)의 개발과 신뢰도 기반 내하력 평가의 매뉴얼 및 노후화된 교량의 유지관리 개선방안 수립을 통해 국내 노후교량의 유지관리에 기여할 수 있을 것이다.

4. 맺음말

우리나라의 30년 이상 노후화된 교량은 경간 50m 이하의 중소 규모의 교량이 주를 이루고, 상부구조 형식은 강교 또는 강합성교보다는 콘크리트교량이 대부분을 차지한다. 이 교량 대부분은 2018년 개정된 시설물안전법의 분류체계에 의하면 법적인 안전망에서 벗어난 3종 시설물이 대부분이다. 그동안 노후화된 중소 콘크리트교량 대부분은 상태평가를 통해서 보수 및 보강을 지속적으로 수행해

왔다. 또한 실증실험을 통한 검증이 수반되지 않아 실제의 성능과 보수보강 효과를 정확하게 정량화하여 평가하기 어려운 문제로 인해 보수보강 시기에 대한 명확한 근거가 없었다. 그러나 효과적인 유지관리 비용산정을 위한 의사결정과 자산가치를 평가하기 위해서는 우선적으로 교량의 성능을 정확하게 평가하는 것이 필수적이라는 사실을 많은 해외 선진국의 사례 뿐만 아니라 국내 연구를 통해서도 확인되고 있다.

연구단에서는 사용하지 않고 방치된 폐교량이나 철거 교량을 해체하여 실험실로 직접 운송하거나 현장에서 파괴하는 실증실험과 정밀 재료실험을 함께 수행하여 정확한 노후교량의 성능평가 및 보수보강 공법 등을 구체적으로 제시할 예정이다. 이렇게 얻어진 데이터는 기존의 시설물 유지관리 체계인 국토안전관리원의 FMS, 한국건설기술연구원의 BMS 등과 연계하여 노후교량의 유지관리를 위한 데이터베이스 시스템 구축 모델을 제시하고 빅데이터와 AI를 활용한 성능평가, 보수보강, 유지관리 등에 폭넓게 활용하고자 한다.

해외에서도 수행하기 어려운 실제 교량을 해체하고 직접 운반하여 실증실험을 수행하는 과정에는 교량관리주체의 안전문제에 대한 우려와 철거업체간의 일정 조율 등 많은 어려움이 있으나 국토교통부를 포함한 지방국토관리청에서는 선진화된 노후교량의 장수명화 기술력 확보를 위해 노후교량의 실증연구가 충분한 가치가 있다고 판단하고 적극적인 협조와 관심을 보여주고 있다.

앞으로 연구단에서 확보하는 노후교량 성능 및 보수보강 평가 기술력을 통해 유지관리의 예산절감, 안전성 확보뿐만 아니라 해외시장 진출에도 기여할 수

있도록 남은 연구 기간 동안 최선을 다할 것이다. 

참고 문헌

- 김경현, 김동진, 임종권, 박미연, 이민재, 효율적인 도심지 교량관리를 위한 교량자산관리 체계 및 서비스수준(LOS) 개발을 위한 기초연구, 한국산학기술학회논문지, No. 17, Vol.5, 2016.
- 박영석, 노후 인프라 시설물, ‘아직은 괜찮다’ 자신할 수 있다, 한국건설산업연구원, 건설산업과 정책 4호, 2017.
- 이동현, 김주엽, 지승구, 이상순, 김지원, 유지관리를 위한 교량 시설물 자산 평가 방법에 대한 연구, 한국도로학회 논문집, No.14, Vol.6, 2012.
- 이상건, SOC가 건강해야 국가 발전도 보장된다, 한국건설산업연구원, 건설산업과 정책 4호, 2017.
- 이상근, 서울시 노후기반시설의 성능개선 및 장수명화를 위한 법적 화, 대한토목학회 일반기사 No.64, Vol.11, 2016.
- 이영환, 도시인프라시설의 노후화 실태 분석과 지속가능한 성능개선 및 장수명화를 위한 제언, 대한토목학회지, No.63, Vol.11
- 채명진, 이규, 김정렬, 조문영, 국내외 사회기반시설물 자산관리 사례 분석을 통한 국내 발전 방안, 한국건설관리학회논문집, No.10, Vol.2, 2009.
- 한국건설산업연구원, 서울시 인프라 시설의 안전 및 성능개선 정책방향 연구, 2015.

특집 04

노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업의 정책 방향¹⁾

엄근용 | 한국건설산업연구원 경제금융연구실 부연구위원

1. 들어가며

2020년 기준으로 30년 이상 된 국내 인프라 시설물은 2만 7,997개소로 전체 시설물의 17.5%에 달하고 있으며, 향후 10년 안에 현재보다 더 많은 시설물들이 경과 연수가 30년 이상이 될 전망이다. 이러한 가운데 정부의 재정수지는 지속적으로 (-)를 기록할 것으로 예측되며, 국가채무비율 역시 확대될 것으로 전망되고 있다. 그리고 인프라의 유지관리 비용도 꾸준히 증가하고 있다. 현재 도로의 경우, 유지관리 예산은 지속적으로 증가하여 2020년 전체 도로예산 중 유지관리 예산이 약 30%에 달하고 있다.

이에 노후 인프라의 개선을 위한 민간자본의 투자의 필요성은 더욱 커질 전망이다. 그러나 노후 인프라의 개량 및 성능에 대한 별도의 기준이 없어 예비타당성조사 및 민자적격성 판단시 부적격 또

는 사업지연을 초래하고 있다.

따라서 본고는 민간투자사업을 활용하여 노후 인프라의 유지관리와 성능개선 수요에 대응하고, 나아가 기반시설의 안정적 유지관리와 운영 효율성을 개선하여 국가재정 부담을 완화하는 방안을 마련하는 데 목적이 있다.

2. 노후 인프라의 정의와 실태

‘인프라’는 일반적으로 생산 활동과 소비 활동을 직·간접적으로 지원해 주는 자본의 하나로서, 도로·항만·공항·철도 등 교통시설과 전기·통신, 상하수도, 댐, 공업단지 등을 말한다. 법률적으로 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」은 인프라를 도로·철도 등 교통시설, 공원·녹지 등 공간시설, 유통업무설비, 수도·전기·가스공급설비 등 유통·공급시설, 공공·문화체육시설, 방재시설, 보

〈표 1〉준공연도별 시설물 현황(2020.11 기준)

(단위 : 개)

준공 이후	교량	터널	항만	댐	하천	상하수도	옹벽	절토사면	공동구	건축물	합계
합계	33,117	4,920	496	615	6,976	2,354	3,553	4,598	39	103,713	160,381
30년 이상	6,319	697	108	390	1,494	505	401	355	9	17,719	27,997
비중	19.1%	14.2%	21.8%	63.4%	21.4%	21.5%	11.3%	7.7%	23.1%	17.1%	17.5%
21~30년	10,453	874	141	77	1,588	575	491	855	10	27,844	42,908
비중	31.6%	17.8%	28.4%	12.5%	22.8%	24.4%	13.8%	18.6%	25.6%	26.8%	26.8%
11~20년	12,146	1,666	129	72	1,756	733	995	2,440	3	29,166	49,106
비중	36.7%	33.9%	26.0%	11.7%	25.2%	31.1%	28.0%	53.1%	7.7%	28.1%	28.1%
10년 이내	4,199	1,683	118	76	2,138	541	1,666	948	17	28,984	40,370
비중	12.7%	34.2%	23.8%	12.4%	30.6%	23.0%	46.9%	20.6%	43.6%	27.9%	27.9%

주 : 1) 교량은 도로교, 복개구조물, 철도교임.
2) 터널은 도로터널, 지하차도, 철도터널임.
3) 항만은 갑문시설, 계류시설, 방파제, 파제제 및 호안임.
4) 댐은 다목적댐, 발전용댐, 홍수전용댐, 용수전용댐, 지방상수도전용댐임.
5) 하천은 하구둑, 수문, 제방, 보, 배수펌프장임.
6) 상하수도는 광역상수도, 공업용수도, 지방상수도, 공공하수처리시설임.
7) 옹벽은 도로옹벽, 철도옹벽, 항만옹벽, 댐옹벽, 건축물옹벽임.
8) 절토사면은 도로사면, 철도사면, 항만사면, 댐사면, 건축물사면임.
9) 건축물은 공동주택건축물, 대형건축물, 문화 및 집회시설, 판매시설, 의료시설, 숙박시설, 운수시설, 종교시설, 노유자시설, 수련시설, 운동시설, 관광휴게시설, 철도역시설, 지하도상가임.

자료 : 시설물통합정보관리시스템

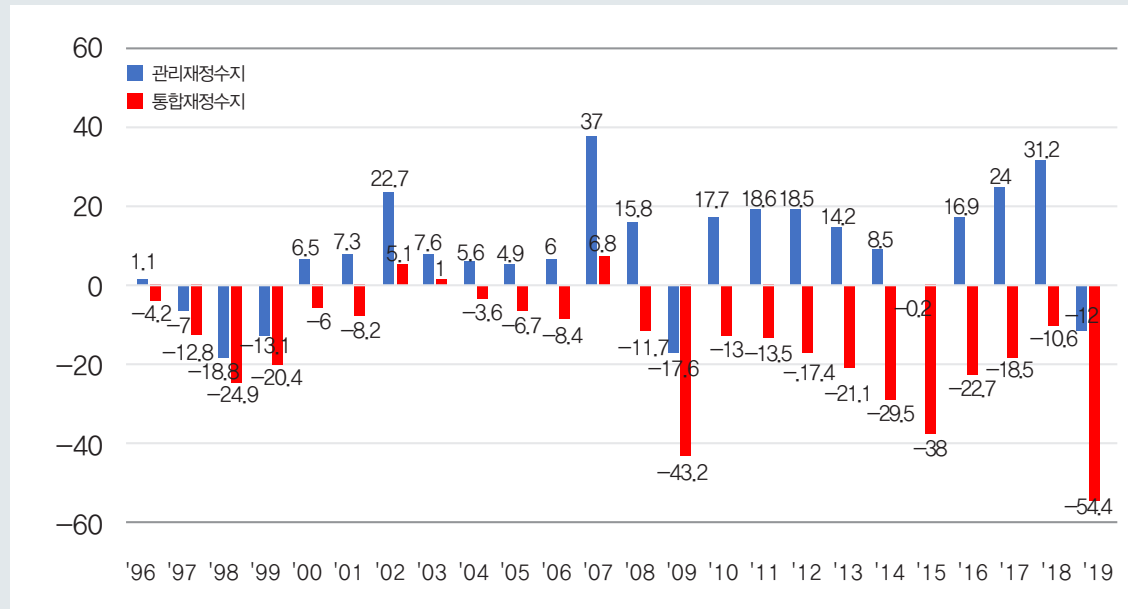
건위생시설, 환경기초시설로 정의하고 있다. 「민간투자법」은 인프라를 각종 생산 활동의 기반이 되는 시설로 도로, 철도, 항만 등 경제활동의 기반이 되는 시설, 유치원, 학교, 공공보건의료시설 등 사회서비스의 제공을 위하여 필요한 시설, 공공청사, 방재시설, 생활체육시설, 휴양시설 등 공공용 시설로 정의한다. 법의 목적에 따라 조금씩 다르게 정의하고 있으나, 일반적인 개념과 시설물의 관점에서 큰 차이는 없다. 한편 ‘노후 인프라’에 대해 왕세종(2016), 안종욱 외(2018)는 신규 시설과 대비되는 개념으로 준공 후 기간 경과에 상관없이 유지, 관리, 개선이 필요한 기반시설로 정의하고 있다. 법률적으

로 「법인세법」, 「지방공기업법」은 건축물의 내용연수를 20~40년으로 정의하고 있으나, 감가상각을 고려한 세법상의 용도에 그치고 있다. 「노후거점산업단법」은 ‘노후거점산업단지’를 착공 후 20년 이상이 경과한 산업단지 중 균형 있는 지역발전과 건전한 국민경제 발전의 주요 거점 역할을 하는 산업단지로 정의하고 있으며, 「도시정비법」은 ‘노후·불량건축물’을 건축물이 훼손되거나 일부가 멸실되어 붕괴, 그 밖의 안전사고의 우려가 있는 건축물, 내진성능이 확보되지 아니한 건축물 중 중대한 기능적 결함 또는 부실설계·시공으로 구조적 결함 등이 있는 건축물로서 준공된 후 20년 이상 30년 이하의 범위의

1) 본고는 ‘노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업의 정책 방향(엄근용·이승우, 2021)’을 요약정리하고, 일부를 보완하여 작성함

〈그림 1〉 국가재정수지 추이(1996~2019)

(단위 : 조 원)



자료 : 기획재정부

건축물로 정의하고 있다. 노후 인프라에 대한 정의는 일부 법령에서 해당 시설물에만 한정하고 있어 사업대상으로서 불명확한 상황이다.

우리나라의 「시설물안전법」에 따라 관리되는 1종, 2종, 3종 시설물은 전체 16만 381개이며, 이들 중 준공 후 30년 이상 된 시설물은 2만 7,997개, 17.5%에 달하고 있다. 그러나 향후 10년 안에 추가적으로 준공 후 30년에 달하는 시설물은 4만 2,908개, 26.8%로, 2030년에는 노후화된 인프라의 수가 급격히 증가할 전망이다.

3. 국가재정과 노후 인프라 투자

우리나라의 2021년 통합재정수지는 75.4조 원 (GDP 대비 -3.7%)의 결손이 발생할 것으로 예상되며, 국가채무는 956.0조원으로 GDP 대비

47.3%에 이를 것으로 예측되고 있다. 또한 연금 등 사회보장성 기금을 제외한 관리재정수지는 1996~2019년 동안 몇몇 기간을 제외하고 지속적인 적자를 보였으며, 기획재정부 「2020~2060 장기재정전망」에 따르면 2060년 국가채무비율은 64.5~81.1% 범위에 이를 것으로 전망되고 있다. 이렇듯 국가재정만으로 노후 인프라에 투자하기는 쉽지 않은 상황이다.

한편, 국토교통부 자료에 따르면 2014~2019년까지 노후 기반시설 관리에 약 59.3조 원(국비 20.4, 지방비 26.0, 공공 11.3, 민간 1.6)이 투자되었다. 2014년 7.2조 원에서 2019년 12.6조 원으로 증가하였으며, 교통시설을 중심으로 유지관리 투자가 증가하였다. 최근 5년간 도로관리 예산은

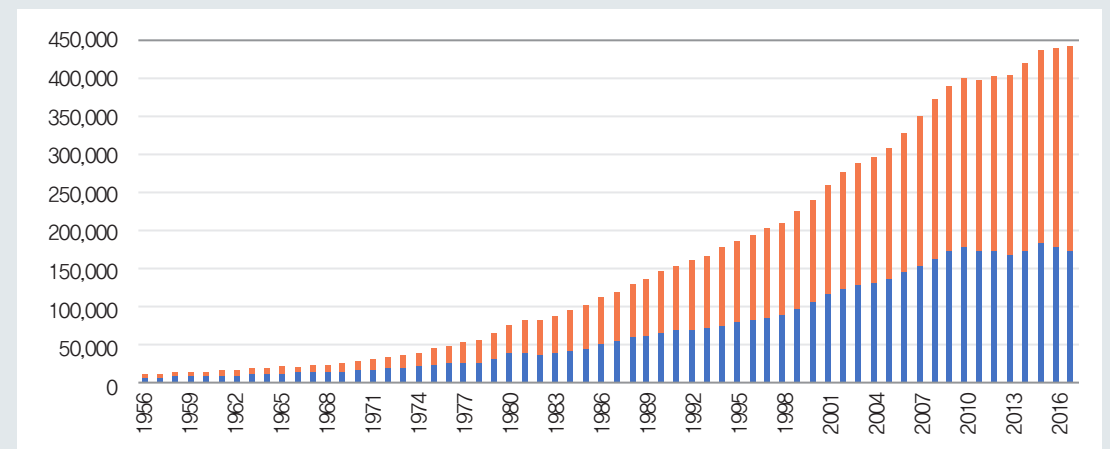
〈표 2〉 최근 5년간 도로예산

(단위 : 억 원, %)

구 분	2016년		2017년		2018년		2019년		2020년		2016~2020 연평균	
	비중		비중		비중		비중		비중		비중	
도로부문(합계)	82,803	100.0	73,534	100.0	59,069	100.0	57,842	100.0	69,166	100.0	68,483	100.0
도로관리	15,222	18.4	16,202	22.0	16,536	28.0	17,519	30.3	20,537	29.7	17,203	25.1

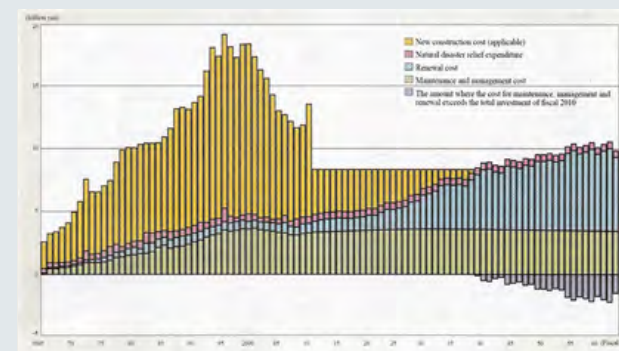
자료 : 국토교통부

〈그림 2〉 미국 유지관리 투자 추이(1956~2017)



자료 : 미국 의회예산국(Congressional Budget Office)

〈그림 3〉 일본 SOC 신규투자과 유지관리 비용 추이



자료 : 국토교통성(2015), Priority Plan for Infrastructure Development; 재인용 기획재정부(2017, p. 96).『주요국 사회간접자본 성능평가제도 분석 및 국내 정책적 시사점』

지속적으로 증가하고 있으며, 도로예산 중 도로관리 예산의 비중은 25.1%에 달하고 있다. 노후 인프라에 대한 정부의 투자도 지속적으로 증가하고 있다.

2014년 세계경제포럼은 OECD 국가들의 기반시설 공급(투자)은 축소되는 반면, 유지관리 및 성능개선 수요는 급증할 것으로 전망하였다. 주요 국가들은 기반시설 유지관리 및 성능개선

수요에 대응하기 위해 투자 비중을 확대하고 있다. 미국의 SOC 예산에서 유지관리비 비중은 2017년 60.5%(美 국회예산처, 2017)에 달하고 있으며, 일본은 2018년 전체 공공공사 중 유지관리비가 29.9%(日 국토교통성, 2019)에 달하고 있다.

4. 민간투자사업과 노후 인프라 관련 법·제도

1) 민간투자사업 현황과 제도

민간투자사업은 1992~2019년 동안 실시협약 기준으로 총 753건, 총 투자비 121.7조 원 규모의 민간투자사업이 추진되었으며, 2007년 이후 감소 추세에 있다. 민간투자사업의 정부고시사업은 전체 민간투자사업의 추이와 유사한 흐름을 보이며, 전체 민간투자사업에서 정부고시사업이 차지하는 비중 역시 하락하고 있다. 현재 민간투자사업은 도입된 지 20여 년이 지남에 따라 관리운영권 설정기간이 만료(운영종료)되는 사업들이 나오고 있으며, 이들 노후화된 시설물에 대한 세부적인 관리방안 수립의 필요성이 증대하고 있다. 「민간투자법」은 사회기반시설에 민간의 참여를 촉진하여 창의적이고 효율적으로 사회기반시설을 확충·운영하여 국토의 균형개발, 산업의 경쟁력 강화 및 국민 생활의 편의 증진의 도모를 목적으로 제정되었다. 동법은 다양한 사회간접자본시설에 공통으로 적용될 수 있는 민간자본 유치의 절차와 방법, 수익성과 경영권의 보장 및 조세감면 등에 관한 사항을 규정하고 있다. 「민간투자법」은 ‘사회기반시설사업’을 신설·증설·개량 또는 운영에 관한 사업으로 정의하여 노후 인프라에 대해서도 민간투자사업이 가능하다. 그러나 총사업비, 예비타당성조사 등 민간투자사업을 평가하는 세

부적인 기준들이 신규 건설사업을 기준으로 설정되어 있어 노후 인프라에 관한 민간투자사업의 범위나 구체적인 근거 규정 등이 미흡한 상황이다.

2) 노후 인프라 유지관리 체계

「시설물안전법」은 1970년대를 전후하여 우리 경제가 압축 성장하면서 건설한 주요 기반시설들의 노후화로 안전사고의 우려가 커져 체계적인 유지관리의 필요성이 증대됨에 따라 시설물의 안전점검 및 적정한 유지관리를 위하여 제정되었다. 「시설물안전법」은 기본계획, 시설물의 안전관리, 시설물의 유지관리 등에 관한 사항 등을 규정하고 있다. 세부적으로는 5년마다 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 기본계획을 수립·시행하도록 하고 있으며, 관리주체에게 기본계획에 따라 시설물 안전 및 유지관리계획을 수립·시행하도록 하고 있다. 그러나 「시설물안전법」은 성능 중심의 유지관리 체계는 확립되었으나, 시설물의 체계적인 자산관리의 관점에서는 한계를 가지고 있다. 즉, 「시설물안전법」은 시설물을 사용하는 것에 있어 경제성 등에 대한 고려보다는 시설물을 안전하게 사용하는 것에 가장 크게 목적을 두고 있다. 「기반시설관리법」은 시설물의 노후화에 대비한 선제적인 유지관리 및 안전점검 이후 체계적인 보수·보강을 위한 이행력 확보 등 시설물 생애주기 비용을 절감하면서 성능을 최대화할 수 있는 선진적이고 선제적인 시설물 유지관리를 위한 틀을 마련하기 위하여 제정되었다. 기반시설관리기본계획 및 관리계획을 수립하도록 하고 있으며, 시설물에 대한 최소유지관리 기준 및 성능개선 기준을 정하도록 하고 있다. 최소유지관리 및 성능

개선 공통기준은 2020년 8월에 수립되었으나, 기반시설을 관리·감독하는 기관이 수립해야 하는 관리계획과 기준의 방향성을 제시하는 가이드라인의 성격에 머물고 있다. 개별 기반시설의 구체적 사항과 추진계획은 소관부처와 광역지자체가 수립할 관리계획과 관리기준에서 보다 더 구체화하도록 하고 있다.

5. 주요국의 노후 인프라 민간투자사업 사례 및 제도

1) 미국

미국은 2012년 국가의 핵심 교통 인프라의 성장과 발전을 위한 투자정책 및 계획인 「Moving Ahead for Progress in 21st Century Act」(이하 MAP-21)를 제정하여 1,050억 달러 투자 계획을 수립한 바 있다. MAP-21에 따라 자금조달을 강화하기 위해 「교통 분야 재정혁신 법안」(TIFIA : Transportation Infrastructure Finance and Innovation Act, 이하 TIFIA)의 예산을 대폭 늘리고 민간부문 투자를 장려하고 있다. 2014년에는 노후 시설물 개선을 위해 ‘Build America Investment Initiative’를 발표하고, 민관 협력(P3s : Public-private partnership)을 활용하여 국가 차원에서 민간부문의 재정투자를 증대하고 있다. 또한 개정된 「연방 조세법」(Internal Revenue Code)에 근거하여 주 및 기타 지방자치단체는 민간투자자로부터 자본을 모으기 위해 민간활동채권(PABs : Private Activity Bonds)을 발행하며, 연방정부는 채권에 많은 세금 인센티브를 제공하고 있다. 미국의 연방정부는 자금조달과 세금 인센티

브를 통해 간접적으로 시설물 유지관리를 지원하고 있다. 미국은 노후 인프라 개선을 위해 민간투자사업을 활용하고 있다. 주요한 특징으로는 첫째, 노후 인프라 개선을 위해서 주 및 연방 정부 주도의 PPP 사업을 추진하고 있다. 대규모 프로젝트에 대한 재정적 부족 등으로 노후화된 인프라를 개선하기 위하여 PPP 사업을 적극적으로 추진하였으며, 엘리자베스 강 터널 및 스카이웨이 사업 모두 주정부에서 주도적으로 추진하고 있다. 둘째, 노후 인프라 개선을 위하여 주 및 연방 정부의 금융지원 프로그램을 통해 노후 인프라에 대한 민간투자사업이 원활히 진행되도록 지원하고 있다. 또한, 민간활동채권(PABs), TIFIA(Transportation Infrastructure Finance and Innovation Act) 프로그램에 따라 세제 및 장기우대금리 지원을 통해 자금조달을 원활하게 하고 수익성을 개선하고 있다.

2) 영국

영국은 2013년 민간부문의 투자를 통해 민관협력 사업을 원활히 추진하기 위하여 PFI(Private Finance Initiative)/PPP(Public-Private Partnership) 운영계약의 윤리 강령(Code of conduct for operational PFI/PPP contracts)을 제정하였다. 공공기관과 투자자, 대출업체, 건설 계약자 및 서비스 제공업체 등 PPP 사업자 간의 효율적인 PFI 운영 및 PPP 계약을 통해, 민관협력 자금의 자발적인 유입을 도모하고 있다. 2017년에는 기존의 PFI를 PF2(Private Finance 2)로 대체하고, 이 사업을

통해 10억 파운드의 자본이 46개의 학교와 1개의 병원에 제공되었다. PF2 사업은 정부가 사업의 행정업무 등을 담당하는 공동투자자 역할을 수행하여 사업기간을 단축하고, 표준 계약을 간소화하여 서비스 수준을 유연하게 결정할 수 있다. 또한 지분수익을 공개하고 계약 내 정보를 제공하는 등 투명성이 제고되었다. 또한, 영국 정부는 2015년 10월 영국 재무부(HM Treasury) 산하에 NIC(National Infrastructure Commission)를 신설하여 시설물의 평가, 시설물 관련 사업의 프로그램 제공, 긴급한 시설물 문제에 대한 심도 있는 연구를 통한 정부정책 권고 등의 업무를 담당하고 있다. NIC는 국가 사회기반시설을 평가한 ‘National Infrastructure Assessment 2018’을 발행하여 10~30년 미래의 시설물 수요를 파악하고, 이를 기반으로 장기 전략을 수립하고 있다. 2016년 1월, 영국 정부는 사회기반시설 총괄 조직체계를 정비하기 위해 영국 재무부 산하에 국가인프라위원회(IPA, Infrastructure and Projects Authority)를 조직하였다. IPA는 사회기반시설 관련 사업의 원활한 자원조달 방안, 민간투자 지원 재정 정책을 수립, 시설물 관련 주요 사업의 성과를 평가하고 비용가치를 제공하고 있다. 또한 ‘국가 인프라 구축 계획(NIDP : National Infrastructure Delivery Plan)’을 2016년부터 정기적으로 발표하며, 2017년부터 IPA는 교통 및 에너지 네트워크와 같은 경제 기반시설, 학교 및 병원과 같은 생활 밀착 시설 등에 대한 투자 효과를 개선하기 위해 ‘TIP(Transforming Infrastructure Performance) 계획’을 수행하고 있다. 더불어 IPA는 인프라 관련 공공 및 민간

투자의 세부사항을 제시하는 사회기반시설 현황 및 건설 조사보고서(National Infrastructure and Construction Pipeline)와 평가 보고서(Analysis of the National Infrastructure and Construction Pipeline)를 발간하고 있다. 영국은 PPP 사업 범위에 대한 특별한 법률적 제한이 없어 계약에 따라 정부와 민간이 형식에 구애받지 않고 PPP 사업을 추진하고 있다. 노후 시설물에 관한 사업은 도로 등의 경제적 인프라뿐만 아니라 학교 등의 사회적 인프라에도 추진되고 있다. 개량형 사업을 추진하는 경우 집단화(bundling)하여 추진하며, 사업의 추진과 대상시설 선정에 정부가 주도적으로 사업들을 묶어서 추진한다. 고속도로의 경우, 시 단위의 고속도로 전부를 대상으로 시설의 교체, 개량, 유지보수 업무를 통합하여 사업을 구성하고 있다. 학교 시설은 개량이 필요한 학교 시설을 묶어 추진하고 있다. 정부가 노후 시설물을 탐색하고, 사업추진의 기본계획을 수립하는 등 적극적으로 수행하고 있다. 또한, 유지관리 등에 대한 업무의 범위를 최대한 명확히 하고 있다. 사업시행자가 부담하여야 하는 유지관리 업무 범위를 상세하게 특정하고, 그에 따른 결과 기준을 명확히 하고 있다. 노후화된 고속도로 시설을 PFI 방식으로 추진하는 City Council의 문서를 보면, 개량이 필요한 가로등과 가로수의 숫자 등 세부사항을 포함하여 사업추진의 필요성과 사업 범위를 명시하고 있다.

3) 호주

호주는 2008년 주요 사회기반시설 사업의 추진을 위해 호주 시설법(Infrastructure Australia

Act 2008)을 제정하고, 이에 근거하여 인프라 지역개발부(Department for Infrastructure, Transport, Regional Development and Local Government) 산하에 연구조직인 IA(Infrastructure Australia)를 설립하였다. IA는 2016년 지역별 개발 및 사회기반시설 공급 현황과 미래 수요, 발주방식 개선, 우선 추진 사업과 계획 등의 내용을 포함한 향후 15년에 대한 ‘Australian Infrastructure Plan’을 발행하고 있으며, 2016년부터 IA는 시설물 우선순위(Infrastructure Priority List)를 정기적으로 발행하고 있다. 2018년에는 우선적으로 투자되어야 하는 99건의 시설물 관련 사업 및 계획 목록을 제시하였다. 호주 공공 토목공학 연구소(IPWEA : Institute of Public Works Engineering Australasia)는 공공시설물 관리에 자산관리 개념을 도입한 ‘국제 사회기반시설 관리 매뉴얼(IIMM : International Infrastructure Management Manual)’을 정기적으로 출간하고 있다. 매뉴얼은 공공시설물의 경제적 효율성을 극대화하기 위한 예방적 유지관리의 중요성을 강조하며, 매뉴얼을 통해 예산 배정의 순위를 고려하여 시급한 시설물의 유지관리를 우선 시행하는 방안을 제공하고 있다. 그리고 2015년 기존 자산관리 체계에 재무관리 개념을 추가한 AIFMM(Australian Infrastructure Financial Management Manual)도 발간하고 있다. 장기간 사용하는 사회기반시설의 자산에 대한 재무관리 분석을 하여 비용, 위험, 자산 및 성능 사이의 적절한 균형을 통한 사용자 기반의 서비스를 제공하고 있다.

호주 역시 미국, 영국과 마찬가지로 정부 주도하에 노후 인프라를 선제적으로 점검하고 이에 대한 경제적 비용을 검토하고 민간투자사업으로 노후 인프라 개선사업을 추진하고 있다. 한편 미국, 영국과 다른 점은 노후 인프라 투자에 있어 민간의 자본투자에 전적으로 의존하는 것이 아니라 공공 성격의 자금(공모 또는 연기금 등)을 노후 인프라 시설의 개선에 투자하고 있다는 것이다. 이를 통해 인프라의 민영화에 대한 위험의 해소와 더불어 사업추진을 원활하게 하고 있다.

6. 노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업의 정책 방향

1) 노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업 활용의 문제점

먼저 노후 인프라의 특징에 대한 고려가 부족한 것을 들 수 있다. 노후 인프라는 과거 국민적 수요에 의해서 지어졌으며, 현재 국민이 사용하고 있다. 또한 국유재산으로 정부가 소유하고 있는 시설물로 토지가 기 확보 되어 있는 특징이 있다. 그런데 노후 인프라는 신규사업이 아니고 기존 국민적 필요로 설치됐음에도 불구하고 총사업비 500억 이상 국고 300억 이상인 경우에는 예비타당성조사를 거쳐야 한다. 또한 노후 인프라 사업의 경우 기존 존재하는 시설물의 노후화로 인하여 개량, 개선, 교체 등을 수행하는 사업임에도 불구하고, 총사업비의 산정에 있어 토지비를 반영하고 있다.

다음으로 노후 인프라의 유지관리를 위한 경제적 평가 기준시점의 부재를 들 수 있다. 노후 인프라에 대한 경제적 평가 기준시점의 부재로 민간

자본이 사업대상 시설물을 확정하고, 다양한 민간 투자사업의 방식을 활용하여 노후 인프라 개선사업을 진행하기가 어려운 문제가 있다.

또한 불명확한 최소유지관리 기준을 들 수 있다. 노후 인프라의 개선에 민간투자사업을 활용하기 위해서는 적절한 유지관리 기준의 설정이 필요하다. 현재는 그 기준이 불명확한 상황이다. 최소유지관리 기준은 기존 시설물의 향후 비용을 추계하는 데 있어 근거 기준으로 사용할 수 있을 뿐만 아니라 시설물의 보수, 보강, 교체 등에 대한 의사결정의 중요한 자료이다.

그리고 경제성이 결여된 안전관리 중심의 인프라 관리체계를 들 수 있다. 안전관리 중심의 인프라 관리 체계하에서는 노후 인프라에 대한 민간투자가 제한적일 수밖에 없다. 단일 시설물에 대한 유지관리 비용은 규모의 부족으로 인해 사업성이 제한적일 수밖에 없으며, 관리주체의 관점에서는 소액의 단일 시설물에 대한 단연도 예산을 확보함으로써 문제를 해결하여 최적의 투자결정에 제한적이다.

마지막으로 정부의 수동적인 민간투자를 활용한 노후 인프라에 대한 대응을 들 수 있다. 민간자본이 직접적으로 방대하고 다양한 노후 인프라 중에서 민간투자가 가능한 시설물을 찾기는 쉽지 않다. 호주는 2016년부터 우선적으로 투자되어야 하는 인프라 우선순위 목록을 정기적으로 발행하여 민간자본의 투자를 적극적으로 유도하고 있다. 또한 미국은 「교통 분야 재정혁신 법안」(TIFIA), 민간 활동 채권(PABs) 등의 지원을 통해 사업성 개선과 더불어 사용자비용 저감을 유도하고 있다. 영국은 중앙정부 중심의 사회기반시설 시스템의

전체 수명과 성능을 향상시키기 위한 시설물의 계획, 조달 및 연계 방안을 마련하고 있으며, 지방정부 주도하에 노후 인프라 유지관리 집산화 등으로 시설물 개선을 추진하고 있다.

2) 노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업의 정책 방향

노후 인프라 개선을 위한 민간투자사업을 활용하기 위해서는 우선 구체적·계획적 노후 인프라 평가 시스템 구축이 필요하다. 현재의 노후 인프라에 대한 관리체계는 안전하게 사용하는 것에 중점을 둔 체계이다. 경제성 등을 고려한 유지관리 평가 시스템으로 전환이 필요하며, 이를 위해 먼저 2015년 4월 삭제된 기존 노후 인프라 관련 사업 유형인 ROT(Rehabilitate-Operate-Transfer), ROO(Rehabilitate-Own-Operate), RTL(Rehabilitate-Transfer-Lease) 등을 민간투자사업기본계획에 정립시키는 것이 필요하다. 그리고 노후 인프라 평가를 위해서는 시설물의 경제적 평가를 할 수 있는 기준시점 설정이 필요하다. 과다계상 우려가 존재하는 유지관리 비용에 대한 구체적이고 적절한 수준의 유지관리 기준의 설정이 필요하다. 노후 인프라는 과거 국민적 수요에 의해서 투자 결정이 내려져 현재 사용되고 있는 시설물로, 시설물의 존치가 결정되면 투자의 적격성에 대한 추가적 판단이 불필요하다. 이에 따라 노후 인프라 개선사업의 예비타당성조사 면제 사업 추가가 필요하다. 신규 인프라 건설사업과 다른 노후 인프라 개선사업은 시설물의 노후화에 따라 교체 또는 보수·보강을 진행하는 사업으로 토지의 가치에 대한 경제적 검토가 불필요하다. 이에 따라 타당성 분석시 토지비를 제외할 필요가 있다.

또한, 시설물 우선순위 목록 등 적극적 노후 인프라 발굴 및 정부고시사업 활성화를 들 수 있다. 호주는 인프라 관련 연구조직인 IA(Infrastructure Australia)를 통해 매년 2회씩 시설물 우선순위 목록(Infrastructure Priority List) 발표를 통해 민간자본의 적극적인 투자를 유도하고 있다. 우리나라의 정부고시사업과 유사하게 노후 인프라 개선사업 목록을 지속적으로 발굴하고 공표하고 있어 민간자본이 노후 인프라 개선사업에 쉽게 참여할 수 있게 해주고 있으며, 더욱이 경제성 분석결과까지 시설물별로 보여주고 있어 민간사업자의 참여를 적극적으로 유도하고 있다. 우리나라도 중앙정부 차원에서 ‘한국형 시설물 우선순위 목록’을 작성하고 공표하여 민간자본의 노후 인프라에 대한 투자를 적극적으로 유도하는 것이 필요하다.

마지막으로 정부의 적극적인 민간투자사업 참여를 통한 공공성 확보가 필요하다. 노후 인프라는 그동안 무료로 사용되어 민간투자사업으로 전환할 경우 사용자비용의 발생으로 저항이 발생할 수 있다. 이를 해소하기 위해서 정부의 다양한 금융지원 및 설계 방식 검토 등을 통해 사업비를 낮추어 사용자비용을 최소화하는 노력이 필요하다. 

정책과 기술 01

오픈 이노베이션과 스마트 건설기술로 공공기관 혁신을 주도하는



조성일 | 서울시설공단 이사장
송상영 | 서울시설공단 도로관리본부장
박윤용 | 서울시설공단 도로시설처장
이정동 | 서울시설공단 도로시설처 구조물2팀장
김은진 | 서울시설공단 도로시설처 구조물2팀 차장

서울특별시의 내부순환도로와 올림픽대로의 자동차전용도로는 도심 순환과 주변도시를 연결하는 시민의 필수 인프라 시설로 도심교통의 대동맥으로 인식된다. 서울시 168.64km 자동차전용도로의 유지관리를 맡고 있는 서울시설공단은 교통전광판, 가로등, 방음벽, 녹지부터 여름철 침수도로 복구나 겨울철 제설 작업에 이르기까지 안전하고 쾌적한 도로 이용을 위해 노력하고 있다.

최근 서울시설공단은 기존의 유지관리에 오픈 이노베이션이라는 혁신도구와 스마트 기술을 적용하기 시작했다. 이는 시설물 유지관리의 수준 향상만을 의미하지 않는다. 서울 시민의 삶이 변화할 수 있다는 신호로, 노후 인프라의 위험성에 대비하여 유지관리의 기준을 재정립하고 신기술을 적용해 시민의 안전이 한층 높아질 것을 뜻한다. 특히, 서울시설공단은 유럽이나 미국의 교량이 노후화되면서 겪는 위험과 문제점이 우리의 가까운

미래일 수 있다는 인식으로 학습과 연구에 열의를 보이고 있다.

지금부터 공단의 노력 안으로 들어가 현재의 성과와 미래의 청사진까지 살펴보도록 하자. 여기서 놓치지 말고 볼 부분은 공단은 성과만을 기대하지 않는다는 것과 실패와 실수도 기록하고 외부에 공개하여 관련 분야 전체가 성장할 수 있는 자산으로 만들고자 노력한다는 점이다. 그것 또한 공기업으로서의 책무라는 인식 때문이다.

1. 자동차 전용도로 관리현황 및 동향

자동차 전용도로의 유지관리는 서울시설공단 내 도로관리본부에서 맡고 있다. 도로관리처, 도로시설처 등 4개처와 기술혁신센터로 구성돼 있으며, 전용도로의 도로시설물, 도로부속물, 교통안전시설물, 도로청소, 녹지관리, 순찰 및 점검, 제설작업, 침수도로 복구, 도로포장 등 전방위 유지관리 업무를 수행 중이다.

〈그림 1〉 서울특별시 자동차전용도로 현황



자동차 전용도로와의 인연은 1994년 도로순찰 업무를 시작하면서부터이며, 이후 유지보수, 가로등, ITS, 도로포장 등 꾸준히 업무영역을 넓혀왔다. 수 십 여종에 달하는 도로 상의 시설물부터 계절별 수방, 제설에 이르기까지 365일 24시간 끊이지 않고 이어지는 업무를 수행하기 위한 인력은 총 439명으로, 현장 곳곳과 시스템을 갖춘 상황실에서 본분을 다하고 있다.

최근에는 오픈 이노베이션을 통한 집단지성의

열정뿐만 아니라 인공지능, 사물인터넷, 드론, 가상현실 등 4차산업혁명 기술을 전용도로 유지 관리에 적용하기 위해 박차를 가하는 중이다. 서울시설공단에서는 현장의 정책완성기관을 넘어 공공부문 혁신을 선도하는 조직이라는 비전을 달성하기 위해 최선을 다하고 있다.

2. 오픈 이노베이션 및 청담1교 안전성 판단·확보의 실증 적용 사례

1) 오픈 이노베이션이란?

서울시설공단은 2019년 하반기부터 공공기관 최초로 오픈 이노베이션(Open-Innovation)¹⁾을 도입해 운영 중이다. 오픈 이노베이션은 개개인이 가진 지식과 경험이 공조적의 순환 보직 시스템으로 축적되지 못하는 한계를 보완하기 위한 것으로, 직원의 노하우 차원에서 더 나아가 산업계, 학계, 민간기업 유관기관 관계자들까지 함께 학습하고 연구하는 플랫폼이라고 할 수 있다. 이러한 플랫폼 속에서 지식, 경험을 공개하고 공유함으로써 함께

〈그림 2〉 PSC 오픈이노베이션(민·관·학 참여)



1) 오픈이노베이션 : 기업이 대학·연구소 등과 협업을 통해 내부자원을 외부와 공유하면서 새로운 제품이나 서비스를 만드는 제도 ⇒ 국내 제약회사, LG그룹 등 대기업 및 혁신기업이 도입 운용 중이며, 서울시설공단이 공기업 최초로 도입하였다.

성장하고 있다.

자동차전용도로의 안전과 유지관리를 담당하는 도로관리본부에서도 창의성과 전문성이 필요한 주요이슈에 대해 오픈 이노베이션을 운영 중이다. 특히, 1970년대부터 건설되어 노후화되어 가는 PSC교량의 안전증진을 위해 ‘PSC교량 오픈 이노베이션’을 2019년 7월부터 현재까지 21차례 개최해 오고 있으며, 한국교량및구조공학회, 한국콘크리트학회를 비롯한 교량관리 분야 외부 전문가들과 함께 집단지성을 통한 PSC교량 유지관리의 업무역량 강화와 유지관리 개선 대안 찾기에도 적극적이다.

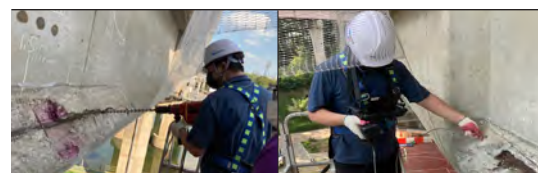
공단의 이러한 노력은 성과로도 이어지고 있는데, 2020년 9월 청담1교(PSC-I) 점검 과정 중에서 내부텐던 부식손상을 발견한 후 미(微)파괴 조사를 수행하여 안전성을 판단한 것이 좋은 사례이다. 여기에는 1년여 간 PSC 오픈 이노베이션을 통해 학습된 지식이 큰 힘이 되었으며, 이 밖에도 국내외 우수기술을 활용하여 내하력 평가 및 텐던 보수 시험 적용 등 현장에서 활용 가능한 기술의 발굴과 개발을 유도하고 있다.

2) 실증성과 ① - PSC거더 미(微)파괴조사

PSC 오픈이노베이션을 통해 학습된 우수기술의 다양한 현장실증 중 첫 번째 사례로 청담1교에 수행한 미(微)파괴 조사를 들 수 있다.

공단은 지난해 9월, PSC교량인 청담1교의 교량 상판을 지지하는 거더의 내부텐던 일부가 부식된 것을 확인하였다. 이에 교량의 건전성을 정밀 조사하기 위해 중차량 통행만을 제한한 후 추가 부식이나 파단 여부 등의 조사에 착수했다. 국내에는

〈그림3〉 청담1교 PSC거더 미(微)파괴조사



〈측면 미파괴 조사 (금속감지드릴+내시경)〉



〈단부 미파괴 조사 (내시경)〉

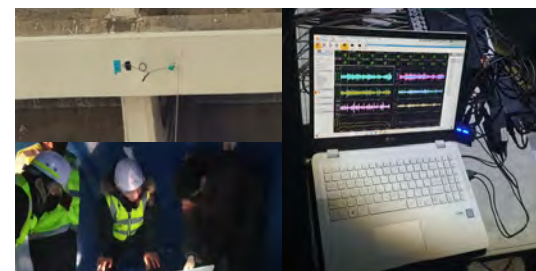
내부텐던 조사를 위한 세부 기준이나 절차가 전무한 상황이었다. 다행히 오픈이노베이션을 통해 사전 학습된 일본의 사례를 참조해 기존 육안 위주의 점검을 보완하여 근접타격조사로 정착구 124개소의 손상을 발견하였으며, PSC 거더 측면과 단부 40개소에 GPR, RC-레이더, 금속감지 드릴 및 내시경 등의 장비를 활용한 미파괴조사로 교량의 안전을 확인할 수 있었다. 그리고 이어 중차량 통행 제한 시행 2개월 후인 11월 9일 통행이 재개됐다. 차량 통행 중인 PSC교량 대상으로는 국내 최초로 미파괴조사를 실시해 교량의 안전을 신속히 판단할 수 있던 사례였다.

청담1교에서 습득한 미파괴조사 기술과 정보는 공단에서 관리중인 유사한 PSC교량 20개소 확대조사 등에 활용하고, 앞으로 습득된 노하우는 지속적으로 유관기관과 공유할 예정이다.

3) 실증성과 ② - 교통차단 없이 진동으로 내하력 평가

차량 통행이 이뤄지는 교량(청담1교)에서의

〈그림 4〉 상시 차량을 이용한 내하력 평가(계측기 설치 및 현장계측)



미파괴 조사에 이어, 상시 통행 차량으로 교량의 진동특성을 분석하여 교량 내하력 평가를 시행한 것도 역시 서울시 최초로 시도한 사례이다.

내하력 평가는 교량의 안전성을 평가하는 방법 중 하나로, 교량이 외적인 하중에 얼마나 잘 저항하는지를 확인하는 것으로 내하력은 붕괴 위험도와 반비례한다. 그동안은 차량을 통제 한 후, 교량에 여러 종류의 센서를 설치하고 준비된 덤프트럭만을 운행시켜 내하력을 평가해왔다. 그러다 보니 많은 작업 인력과 장비를 투입해야 하고, 통행 전면 차단 및 장시간 현장 시험에 따른 고비용 등의 단점이 존재해 왔다. 특히 교통량이 많은 도심 내 도로에서는 교량 하부에 계측기 설치가 어렵고, 교통통제에 따른 이용자의 불편이 커서 이를 극복하기 위한 우수기술의 도입이 매우 필요한 실정이었다. 이번에 도입한 내하력 평가 방법은 가속도 센서만 설치하여 교량의 진동(고유진동수, 모드형상)을 측정해 교량의 내하력을 평가 가능하다는 장점과 상시 통행하는 차량을 하중으로 활용하여 교통통제로 인한 시민불편이 없다는 것이 가장 큰 장점이었다. 앞으로 공용년수가 증가하는 노후교량의 성능 저하를 관찰하기 위한 ‘SOC디지털화’라는

〈그림 5〉 청담1교 손상 및 미충전 텐던 보수



거더측면 희생양극장치 설치 및 단면보수



미충전 텐던의 그라우트 및 PTI 충전보수

국가정책(국토교통부)에도 관련 내하력 평가기술의 도입이 적극 검토되고 있다. 공단은 이러한 기술 동향에 발맞추어 유지관리 중인 다른 교량에도 점진적으로 확대 적용하여 시민안전은 높이고 불편은 최소화 할 계획이다.

4) 실증성과 ③ - 손상 및 미충전 텐던 보수

청담1교의 텐던 손상과 미충전을 보수하는 데 공단은 4가지의 서로 다른 보수 공법(재료)을 적용하였다. 공용 중인 교량이라는 특수성을 반영하여 국내 PSC 전문가로 구성된 ‘안전자문단’의 의견을 충분히 수용하여 현장 실증을 추진한 것으로, 특히 현 상태의 보강에 도움이 될 뿐 아니라 향후 국내 기술 증진과 엔지니어 양성에도 기여해야 한다는 데 의견을 같이하고 실효성 높은 방법을 선정했다. 보수 공법은 희생양극(Anode), 시멘트그라우트, 폴리머레진(PTI) 및 왁스충전으로 수행하였으며, 보수 과정 전반을 기록하고 PSC 오픈이노베이션과 공단 홈페이지를 통해 공유하고 있다. 특히 현장 적용 중 발생한 착오나

실수까지도 기록에 담고 공개함으로써 관련 기술 발전의 시행착오를 줄이는데 기여하고자 하는 것이 기술실증과 더불어 공단의 또 다른 목표 중 하나이다.

5) 실증성과 ④ - 노후 철거교량을 활용한 기술실증 및 신뢰도 기반교량 평가 등 제안

공단은 손상이 발생하는 PSC교량 등 대응적 조사와 보수를 통한 유지관리뿐만 아니라 노후화에 진입하고 있는 서울시 교량 유지관리의 선제적 대응을 위한 노력에도 힘쓰고 있다. 유럽과 미국 등에서는 1950~60년대 건설된 PSC 교량이 노후화에 접어들어 교량 붕괴나 심각한 손상이 연이어 발생하고 있으며, 이를 국가적인 문제로 인식해 적극적인 조사와 보수보강을 추진하고 있다. 서울도 1970년대부터 건설된 여러 형식의 노후 PSC교량을 보유하고 있으며, 10년 후에는 교량 337개소 중 노후교량이 67%로 증가하기 때문에 더이상 유럽이나 미국만의 문제라고 할 수 없다. 최근 서울시설공단 조성일 이사장을 비롯한 'PSC교량

안전단(TF)'은 서울시(도시기반시설본부)에서 노후화된 고가도로로서 기능이 저하되어 철거 진행 중인 개봉고가차도(PSC교량) 현장을 방문해 철거된 거더(girder:들보)와 텐던 등을 조사했다. 개봉고가차도 철거현장에서는 공용중인 상태에서 조사하기 어려운 텐던의 정착구와 부식상태 등을 세밀히 분석했으며, 추가적인 정밀조사를 위해 철거된 노후 거더 2개를 확보하였다. 이번에 확보한 거더는 공단에서 진행 중인 'PSC 교량 내부텐던 조사 및 분석 연구'에 활용할 계획이다. 공단은 현재 'PSC 교량 내부텐던의 건전성 평가 및 유지관리체계 수립'을 위한 학술용역을 진행 중이며, 개봉고가에서 확보한 거더에 비파괴조사, 미(微)파괴 조사 및 파취조사를 직접 시행하여 텐던 동공과 부식 등을 파악하기 위한 정밀조사와 연구를 진행할 예정이다. 공단은 서울시에 노후교량의 선제적인 유지관리와 신뢰도 기반 교량 안전성평가 도입의 필요성을 제안하였으며, 기존 단순 폐기되던 철거교량을 활용하기 위한 세부적인 정책을 서울시와 함께 수립하고 있다.

〈그림 6〉PSC 철거교량 현장점검 및 거더일부와 부속장치 확보



3. 스마트기술을 활용한 자동차전용도로 안전 관리

1) 적용사례 ① - 클라우드 기반 도로 유지관리 시스템 구축

공단은 실시간 도로의 상황을 판단하고 작은 위험요소라도 제거하기 위해 24시간 도로 순찰대를 운영하고 있다. 순찰대가 올림픽대로 등 12개 노선 현장순찰을 실시하고 도로포장이나 시설물의 파손상태를 발견하여 1차 전달하면 응급 보수 후 2차 현장 실측을 거쳐 보수공사를 실시하는 절차인데,

〈그림 7〉클라우드 기반 유지관리 시스템



도로를 주행하는 차량 안에서 육안에 의지하다 보니 시설물 파손을 인지하지 못하는 경우도 더러 발생한다. 더욱이 2차 현장 실측 시에는 안전장구와 시설을 갖춘 상태라 하더라도 근로자가 사고위험에 노출될 뿐만 아니라 교통정체를 유발하여 시민들의 불편으로 이어지는 것이 현실이다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 공단은 '클라우드 기반 도로시설물 유지관리 시스템' 도입을 추진 중이다. 차량이나 드론 등을 활용하여 사각지대 없이 360° 전방위 VR영상 촬영 및 후처리를 실시해 클라우드에 HD정밀지도를 업로드 한다. 이후 HD정밀지도에 대해 인공지능(AI) 영상 분석기술(딥러닝)을 적용하여 시스템 스스로 시설물의 손상 정도 파악 및 보수물량 산출 등이 가능해지고 보수 후의 데이터도 축적돼 시설물별 이력 관리도 가능하다. 한마디로 차량이 운행하면서 도로표면을 자동으로 촬영하고, 영상은 과거의 것과 비교하여 현 상태를 판단하여 필요 보수물량까지 뽑을 수 있다는 것이다. 직원의 안전 확보와 시민 편의의 두 마리 토끼를 다 잡을 수 있어 꼭 필요한

시스템이 아닐 수 없다.

향후 공단은 순찰차량에 실시간 자동분석 시스템을 구축하여 시설물 파손을 현장에서 즉각적으로 인지하고, 보수에 이르기까지의 시간을 보다 단축하여 서울시민에게 보다 쾌적한 도로 주행환경을 제공할 예정이다.

2) 적용사례 ② - 인공지능형 영상분석기법으로 돌발상황 신속 감지

공단의 교통관리센터 상황실에서는 차량의 속도 변화와 CCTV를 육안으로 확인함으로써 돌발상황을 감지해 대응해왔다. 그러다 공단은 2020년 아날로그 CCTV 142개소를 디지털로 전면 교체하였으며, 자동차전용도로 사고다발 구간에 설치된 CCTV 15개소에 4차 산업기반의 인공지능형 영상분석 기술을 시범 적용하고 있다. 이 기술은 CCTV 영상을 분석해 사고·고장 등으로 정지한 차량이나 보행자 출현 등 정상적이지 않은 움직임을 보이는 상황을 빠르게 감지해 교통관리센터 운영자에게 알려주는 기능을 갖췄다.

〈그림 8〉 돌발상황 신속감지 시스템



심야 시간이나 사각지대 돌발 상황의 신속한 감지와 119등 유관기관과 긴밀하게 상황대응이 가능해진 것이 장점이며, 이와 함께 서울시내 내부순환로, 강변북로, 동부간선도로, 올림픽대로, 북부간선도로, 경부고속도로, 강남순환로 등 자동차전용도로 7개 노선에서 발생하는 돌발상황 정보를 지난해 4월부터 Tmap, 카카오, 애플 내비게이션 등 민간 기업과 협업하여 도로 이용객들에게 실시간으로 제공하고 있다.

이로써 자동차전용도로를 이용하는 시민은 도로 전광표지가 없는 지점에서도 전방의 사고, 공사 등의 돌발 상황을 내비게이션으로 확인할 수 있게 됐으며,

도로전광표지 돌발정보 제공도 더욱 강화하여 KBS 등 공영방송과 수방·제설로 인한 교통통제 등 사고 위험을 예방하고 재난상황을 신속하게 전달하고 있다.

3) 적용사례 ③ - 스마트 모니터링 시스템 구축

공단은 한국지능정보사회진흥원의 국가 R&D 과제에 선정되어 산업협력단과 컨소시엄을 구성 하였으며, 2년에 걸쳐 IoT 무선센서 및 인공지능 알고리즘을 활용한 실시간 모니터링 시스템을 구축하게 되었다.

스마트 모니터링 시스템은 교량 안전도 분석

시스템과 터널 음향기반 유고감지 시스템으로 구분할 수 있는데, 교량 안전도 분석 시스템은 청담대교, 탄천2고가교에 각 36개, 137개의 이미지·음파·온도 센서를 설치해 교량 받침 이상변위와 신축이음 파손여부를 감지하고 있다. 또한 드론으로 교량 외관을 촬영해 균열 발생 여부를 모니터링 하는 기술도 포함되어 있어 현장에 나가지 않고도 구조물의 이상 유무를 확인할 수 있게 되었다.

터널 음향기반 유고감지 시스템은 기존 CCTV 화면 모니터링에만 의존하던 모니터링 방식을 개선하여 사고음 알림 기능을 추가한 것으로, 홍지문·정릉 터널에 음향 수집기 81개를 설치해 다양한 음향을 모아 분석한다. 이를 통해 터널 내에서 발생하는 돌발 상황에 대한 감지 및 즉각적인 상황전파가 가능하며, 사고 발생 시 후속 차량들이 터널 내에서 서행하거나 진입하지 못하도록 유도하여 2차 사고를 예방하는 효과를 갖는다.

4) 적용사례 ④ - 드론 등 첨단장비를 활용한 도로 안전점검

지금까지 도로시설물의 점검은 대부분 인력에 의한 육안점검에 의존해 왔으며, 이로 인해 인력점검이 불가능한 점검 사각지대가 존재해 왔었다. 공단은 이러한 유지관리 한계를 개선하고자 올림픽대로, 강변북로를 비롯한 165개 자동차전용도로 시설물에 드론, 열화상카메라 등 첨단장비를 활용한 특별 안전점검을 확대 추진하고 있다.

올해에는 해빙기 특별점검을 통해 접근이 어려운 위치에 드론을 사용했고, 콘크리트 내부 누수처럼

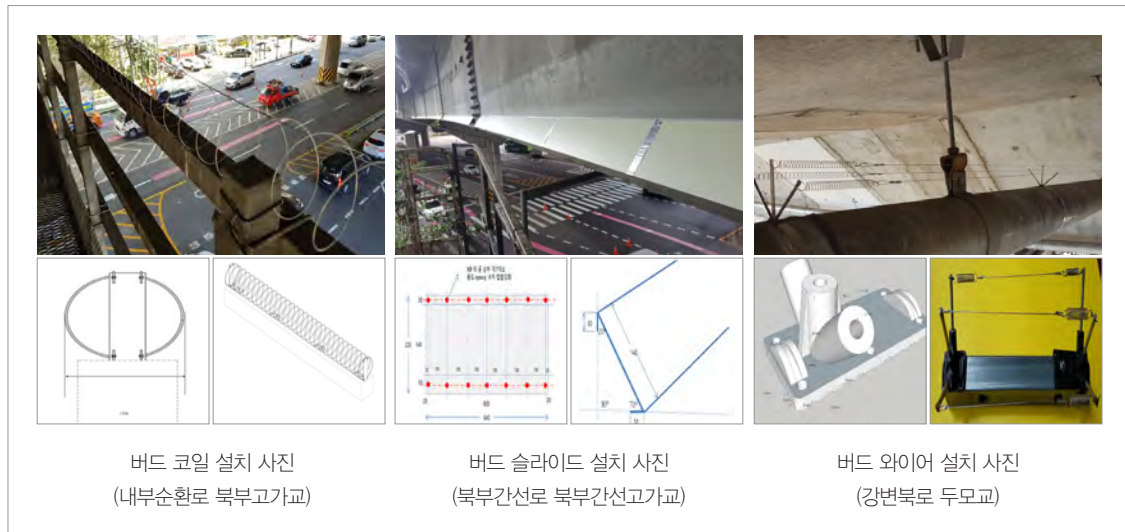
〈그림 9〉 스마트 모니터링 시스템



〈그림 10〉 첨단장비를 활용한 해빙기 특별점검(21년 3월)



〈그림 11〉 비둘기 방지시설 및 현장설치



육안으로 정확한 관찰이 어려운 곳은 열화상 카메라, 협소한 공간은 내시경카메라를 활용해 점검을 진행했다. 특히, 내부순환로 정릉천고가교, 올림픽대로 동작교 등 높은 교량의 슬래브 측·하면부는 드론 촬영으로 콘크리트 박락 여부, 북부고가교 등 누수가 의심되는 곳의 내부 누수 여부는 열화상 카메라로 확인하였다. 또 내시경 카메라를 안양천교 내부를 비롯해 육안 조사가 어려운 곳의 세밀한 상태조사에 활용하였다.

자동차 전용도로 시설물의 절반 이상은 공용연수가 30년 이상 되었기 때문에 다양한 첨단장비를 사용하여 시설물을 점검하고 있으며, 시설물 유지관리의 선진화를 위해 노력하고 있다.

5) 적용사례 ⑤ - 비둘기 방지시설 자체 개발

서울시 자동차전용도로 교량의 하부 높이는 6~12m 정도이고 비바람을 피할 수 있기 때문에 비둘기가

선호하는 서식지다. 그러다 보니 비둘기 배설물이나 깃털 등으로 적지 않은 문제가 발생하고 있다. 비둘기 배설물은 강한 산성으로 강재 부식과 콘크리트 열화를 가속시켜서 구조물 훼손 및 교량의 내구성을 저하시키고, 악취와 오염 또한 교량 아래 산책로와 운동기구를 이용하는 시민에게 불편함을 초래해 왔다.

시판중인 국내외 조류방지시설은 주로 그물망이나 뽕죽한 바늘 형태로 만들어졌으나, 효과성이나 환경 측면에서의 단점이 있어 친환경적인 방안으로의 선회가 필요하다는 지적이 있어 왔다. 이에 공단에서는 새로운 방식의 ‘비둘기 방지시설’을 개발하였으며, ‘버드 코일’, ‘버드 슬라이드’, ‘버드 와이어’ 등 총 3가지 종류로 야생동물 피해 예방시설 연구전문 기업인 한국농림시스템(주)와 협업을 통해 기본적으로 비둘기가 난간에 앉을 수 없는 구조를 고안해 냈다. 특히, ‘버드 코일’은 현장 적용이 가장

간단하고 경제성 측면에서도 뛰어나 특허(디자인) 등록을 완료한 상태이다. 4월부터 유동인구가 많고 운동시설이 밀집된 내부순환로(북부고가교), 강변북로(두모교), 북부간선로(북부간선고가교)의 교량에 방지시설을 설치했으며, 효과성 검토를 통해 자동차 전용도로 내 다른 교량에 확대해 도입할 계획이다.

4. 마무리하며

그 동안 서울시 자동차전용도로는 시민의 생활과 직결된 밀착형 사회기반시설로 서울의 발전과 함께 지속적으로 확대되어 왔다. 이에 발맞춰 서울시설공단은 1994년 전용도로 관리를 시작한 이후로 체계적인 관리와 신속한 대응 체계를 발전시켜 왔다.

하지만 최근 들어 도로시설물의 노후화로 경험하지 못한 리스크가 곳곳에서 발견되고 있다. 이에 서울시설공단은 유지관리 기관의 역할뿐만 아니라 관련 정책을 제안하고 혁신을 선도하는 주도적인 자세로 업무에 임하고 있다.

특히, 우리나라보다 앞서 노후화를 겪은 선진국의 사례를 꼼꼼히 살피는 가운데, 산·학·관·민이 함께 학습하고 논의하는 오픈 이노베이션을 통해 실질적 성과를 낼 수 있도록 노력하고 있다. 지금까지 없었던 PSC교량 외부텐던의 유지관리 기준 정립에 이어 내부텐던의 건전성 평가 및 유지관리 기준 수립에도 가장 앞장서 추진 중이다. 또한 자동차전용도로 고속주행의 특성상 시설물의 이상 상황을 최대한 빨리 인지하여 조치하고 운행 중인 차량에 알려야하기 때문에 AI, 드론, VR 등 4차 산업 기술을 활용한 시스템 구축에도 매진 중이다.

이와 같은 성과들은 공공기관으로서의 책무를 위해 모든 지식과 정보를 공개와 공유하여 관련 제반 분야와 업계의 동반 성장에도 큰 힘이 되고 있다. 서울시설공단은 ‘안전’을 최우선의 가치로 하여 도로 유지관리 기술을 선도하고 있으며, 자동차전용도로를 이용하는 시민에게 최상의 서비스를 제공하는 최상위 선도기관으로 자리매김하고 있다. 

정책과 기술 02

기상이 도로 안전에 미치는 영향

김백조 팀장 | 국립기상과학원 목표관측연구팀

1. 들어가면서

기상과학 및 예측의 발전으로 기대할 수 있는 사회·경제적 이익은 매우 크다. 사회는 다방면의 의사결정을 위해 정확하고 종합적인 기상·기후·환경 예측에 더 많이 의존하고 있다. 지구상의 인구는 증가하고, 도시들은 해안을 따라 급격하게 팽창하고 있으며, 전 세계는 전기·통신, 운송시스템, 식량·에너지 및 식수 공급 등 실생활과 관련된 거의 모든 부문에서 상호의존적이 되었다<그림 1>.

기상·기후정보 서비스의 목적은 생명 및 주요 기반시설을 보호하고 기상기후 위험에 잘 대비된 탄력적 국가 구축에 기여하는 것이다. 또한, 정부와 기업이 기후변화 적응을 위한 미래 투자에 현명한 선택과 기후변화 위험에 대한 완화 정책을 지원하고 기상

<그림 1> 기상예보와 기후변화 예측 정보의 잠재적 활용 가능 분야



기후정보 활용 개선을 통해 경제성장에 기여하는 것이다.

특히, 응용기상은 기상과학의 지식을 다른 학문영역이나 인간생활에 활용하기 위한 목적으로 응용하는 분야이다. 다시 말해 기상정보의 이용과 응용을 일상생활뿐만 아니라 여러 산업에 이르기까지 각종 영역에서 다룰 수 있는 기상기술을 기반으로 하고 있다. 또한 응용기상 기술은 기상관측과 모델로부터 생산된 정보와 기상정보 사용자를 연결하고 융합하는 기술을 개발하는 역할을 한다. 응용기상 분야는 산업·생활기상, 생명·보건기상, 항공·농업기상, 도시기상, 스포츠·레저기상, 미기상(微氣象) 및 국지기후(局地氣候), 기상영향평가, 기상조질, 수문기상, 기상자원, 도로기상 등 다양하다. 도로기상은 대설, 호우, 강풍, 안개 등 기상현상이 도로 위 차량 운행에 큰 장애가 되므로 이 분야의 연구는 더욱 중요시 되고 있다. 국토의 대부분이 산지인 우리나라의 도로는 터널이나 교량으로 이루어진 경우가 많기 때문에 산악지역의 도로기상이 도로 안전에 중요한 핵심요소가 되고 있다. 또한 기상은 도로 상태를 변화시켜 차량의 운행에 영향을 준다. 도로 위에 비, 눈, 안개와 같은 기상현상이 발생하면 도로를 미끄럽게 해서 도로

<표 1> 기상이 도로 안전에 미치는 영향

도로기상변수	도로영향	교통흐름영향	도로운영영향
기온, 습도	—	—	도로보수전략, 건설계획
풍속	시정거리 차선방해	교통속도, 교통시간지연 사고위험	차량성능, 진입통제 피난결정지원
강수 (양, 형태, 시중시간)	시정거리 노면마찰 차선방해	도로용량, 교통속도, 교통사고지연, 사고위험	차량성능, 운전자의 능력/행동, 도로보수전략, 교통신호시간, 속도제한제어, 피난결정지원 제도개선
안개	시정거리	교통속도, 속도변화 교통시간지연, 사고위험	운전자의 능력/행동, 도로보수전략, 진입통제, 속도제한통제
노면온도	인프라 파손	—	도로보수전략
노면상태	노면마찰 인프라 파손	도로용량, 교통속도 교통시간지연, 사고위험	차량성능, 운전자의 능력/행동, 도로보수전략, 교통신호시간, 속도제한통제
도로수위	차선방해	교통속도 교통사고지연, 사고위험	진입제어, 피난결정지원, 제도개선

※ 출처: <http://ops.fhwa.dot.gov>

사고위험이나 사고율을 증가시킨다. 가끔은 강풍도 도로 위 자동차를 전복시켜 안전을 위협한다.

2. 도로 위 교통사고에 미치는 기상현상

기상이 도로 안전에 미치는 영향은 크게 도로영향, 교통흐름영향, 도로운영영향으로 나눌 수 있다<표 1>. 도로영향은 시정거리, 차선방해, 노면마찰, 인프라 파손 등이 있으며, 교통흐름영향은 교통속도, 교통시간지연, 도로용량, 사고위험 등이 있다. 도로운영영향에는 도로보수전략, 도로건설계획, 차량성능, 진입통제, 피난결정지원, 속도제한통제 등이 있다. 또한 도로기상변수는 기온·습도, 풍속, 강수, 안개, 노면온도 및 상태, 도로수위가 있다. 도로 교통사고에 영향을 미치는 주요 기상현상인 비, 눈, 안개 등은 도로 미끄럼이나 결빙, 운전자의 시정 등에 영향을 준다.

2.1 비

대부분의 운전자들은 폭우가 내리지 않는 한 비를 큰 문제로 여기지 않는 편이다. 그러나 비는 노면상태와 주행 조건에 큰 영향을 미친다. 적은 양의 강

수도 도로 상태에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것은 분명한 사실이다. 예를 들어, 약간의 비가 내리면 도로가 축축해지고, 노면 위 오염물질이 비와 결합되면 도로가 미끄러워져 차량 통제를 할 수 없게 된다. 또한 비는 시정을 감소시켜 도로 위 안전운전에 위험을 초래하게 된다. 젖은 노면은 단순히 재산상 손실을 초래하는 위험 이상의 심각한 도로 교통사고를 증가시킨다. 비가 내리면 수막현상(hydroplaning)이 발생하여 도로 면에 수막이 만들어지고 이로 인해 도로의 마찰력이 감소하게 된다. 강수량과 강수일수는 도로 교통사고(사고율)의 증가와 관련성이 높다. 강수가 끝나면 도로 교통사고의 위험성이 평상적 수준까지 낮아진다. 강수로 인한 위험은 도로 마찰력의 감소와 나쁜 시정의 결합으로 나타난다. 도로 운전자가 젖은 도로 상태를 알았다고 하더라도 나쁜 시정으로 인해 도로 교통사고의 위험성이 증가한다. 시정이 좋지 않을 경우 사고로 인한 부상의 심각도가 높아진다. 강수와 관련된 흥미로운 것은 강수의 지연효과(lagged effect of rain)이다. 강수가 마지막으로 내린 이후 일수가 증가하면 강수의 지연

효과는 급격히 증가한다. 2일 동안 비가 내리지 않을 경우 1cm의 강수량은 치명적인 사고율을 3%까지 증가시키지만 20일 이상 비가 내리지 않은 경우는 9%까지 증가시킨다. 이러한 연구결과는 국가별로 기후 환경이나 도로환경이 다르므로 여전히 논쟁의 가능성은 있다.

2.2. 눈

눈이 내리는 경우도 비와 유사하게 도로의 마찰력과 차량의 기동성을 감소시킨다. 강설로 인한 차량 속도의 감소는 도로를 혼잡하게 하거나 차량 통제를 어렵게 한다. 일반적으로 강설량이 증가할수록 도로 충돌 사고는 증가하는 편이다. 하지만 소수의 연구들에서 강설 시 운전자가 도로 위험에 대한 주의와 외출 자제 등으로 강설량과 도로 교통사고 건수 간의 음의 상관성이 있다고 주장하기도 한다. 또한 첫 눈이 내리는 날에 도로 위험이 증가한다는 것은 매우 흥미롭다. 눈이 내리지 않는 상황에서도 도로에서 이전에 내린 눈으로 인해 눈부심이 발생하여 운전 능력에 분명한 영향을 미친다. 더 극단적인 조건은 도로 위 눈이 바람에 날려 도로 가장자리와 중앙선을 덮을 수 있어 도로 차선을 파악하기 어렵게 한다. 눈이 내릴 때 차량속도를 증가시키면 운전자의 시야가 감소하고 운전능력을 악화시킨다. 특히 내리는 눈에 강풍이 추가되면 눈보라 상태가 되어 몇 m 이상의 시정이 확보되지 않게 된다.

2.3. 안개

안개는 대기 중의 수증기가 응결해 지표 가까이에서 작은 물방울들이 떠 있으면서 시정 장애를 일으키는 기상현상이다. 운전자의 충분한 시야 확보를 어렵게 하는 안개는 자동차의 충돌이나 방향 상실 등을 일으켜 대형 도로교통사고로 이어질 가능성이 크다. 도로 교통공단에 따르면 안개가 낀 날에는 맑은 날에 비해

교통사고가 발생했을 때 치사율이 3배 이상 높다고 한다. 비 오는 날이 많은 장마철에도 안개 일수가 많다. 도로에 안개의 존재 여부에 따라 차량 주행속도가 크게 변한다. 안개는 도로 상태에 직접적인 영향을 주지 않지만 운전자의 시야를 제한한다. 짙은 안개는 운전 중에 다른 차량, 동물 및 기타 도로 위험 요소를 사전에 파악하는 것을 어렵게 한다. 밝은 빛은 안개 속의 물 조각을 반사하여 시야를 더욱 떨어뜨리기도 한다. 안개는 사고의 위험을 증가시키므로 안전하고 천천히 운전하고 밝은 광선은 사용하지 않는 편이 좋다.

3. 도로살얼음은 대형 도로 교통사고의 원인

비, 눈, 우박, 진눈깨비가 내린 후 기온이 떨어지면 도로, 교량 및 고개에 결빙이 빠르게 발생한다. 도로가 결빙된 상황에서 차량을 운전하는 것은 운전자에게 큰 위험을 초래한다. 특히, 운전자에게 잘 보이지 않는 얇은 얼음(도로살얼음) 위에서 주행하는 경우는 차량을 통제할 수 없게 되어 대형 교통사고로 이어진다. 일반적으로 교통사고의 원인은 인적요인, 차량요인, 도로 환경요인으로 나뉘어진다. 교통사고는 세 가지 요인들이 상호 복합적으로 작용하면서 발생하는 경우가 빈번하다. 도로살얼음으로 인한 교통사고의 경우 빙판이라는 도로 환경에서 차량이 제대로 제동이 되지 않고 미끄러지면서 운전자가 운전 방향과 차량의 움직임을 제어할 수가 없게 된다(그림 2). 빙판길에서 자동차가 미끄러질 때, 시속 30km 이상인 경우 운전방향의 설정과 자동차 움직임을 제어가 불가능하다고 한다. 따라서 결빙도로 교통사고 치사율은 마른 도로의 1.5배이다.

도로살얼음은 브레이크 없는 위험이다. 미국에서 도로상태가 눈, 슬러시, 결빙에 따른 피해는 매년 사망자 2,100명, 부상자는 180,000명, 사고 580,000건이 발생하고 있다. 도로 강설 및 결빙을 막는데

주 및 지방정부에서 매년 23억 달러(2조 5,000억 원)을 지출하고 있다. 이러한 사회, 경제적 비용을 줄이고자 도로상태에 따른 의사결정지원 서비스(Decision Support Services, DSS)를 개발하고 있다. 2014년부터 2018년까지 도로살얼음 관련 교통사고로 우리나라에서도 매년 199명이 사망한다는 조사 결과가 있다. 2005년부터 2014년까지 미국의 도로 강설 및 결빙으로 인한 교통사고는 매년 536,731건이 발생하였으며, 이로 인해 약 1,800명이 사망하였다. 이 수치는 비슷한 기간인 2007~2016년에 발생한 위험기상으로 인한 사망자(507명)보다 3배 이상 많다(<http://icyroadsafety.com>). 또한, 도로살얼음은 교통 혼잡으로 인해 물류수송의 효율성을 크게 떨어뜨린다고 보고된 연구도 있다.

최근 5년(2014.1~2018.12) 동안 겨울철 빙판길 사고와 기상관측자료를 분석한 결과(삼성교통안전문화연구소, 2020), 최저기온이 0℃ 이하이면서 일교차가 9℃를 초과하는 일수가 1일 증가할 때마다 하루 평균 약 59건의 사고가 증가한다고 한다. 교통량이 많고 통행속도가 높은 강원(3.9%), 충남(3.8%), 충북(3.7%)의 결빙교통 사고율이 다른 지자체 평균 보다 2.6배 높았다. 또한 치사율(전체 대비 결빙 사고 사망율)은 매년 감소하고 있는 가운데(2014년 3.9%→2016년 2.9%→2018년 2.2%), 충북(7.0%), 강원(5.3%), 전북(4.3%), 경북(3.8%)은 전국 평균 보다 1.4배~2.2배 높았다.

도로살얼음으로 인한 사고는 기상학적 요인보다 도로기후구조와 도로지형의 영향을 많이 받는다. 도로살얼음(노면상태) 발생에 미치는 원인은 크게 기상학적, 도로 구조적, 지형 및 환경적 측면이 있다. 기상학적 측면은 강수 형태가 비인지 눈인지, 기온이 영상인지 영하인지, 바람은 강한지 약한지, 습도가 높은지 낮은지 그리고 고도별 대기 온도 분포 등이

〈그림 2〉 도로살얼음으로 인한 도로 교통사고 원인



있다. 다른 계절에 비해 기온이 낮은 겨울철의 강수 형태는 눈과 함께 어는 비, 서리 등으로 다양하다. 도로 위에 눈이나 비가 내린 후 기온이 내려가면 도로가 결빙된다. 도로가 결빙되면 노면의 마찰계수가 작아서 차량은 미끄러지거나 운행속도가 줄어든다. 이로 인해 교통사고가 발생하거나 교통 혼잡이 야기된다. 도로 구조적 측면은 도로의 경사가 동서 방향인지 남북 방향인지, 도로가 지표 위에 있는지 교량 위에 있는지, 도로의 재질이 콘크리트인지 아스팔트인지 등을 들 수 있다. 지형 및 환경적 측면에서는 도로의 해발고도와 도로 주변 지형이 계곡인지 산지인지 분지인지를 알아야 한다. 산의 계곡이나 산기슭과 같은 국지 지형은 기온 변화에 영향을 준다.

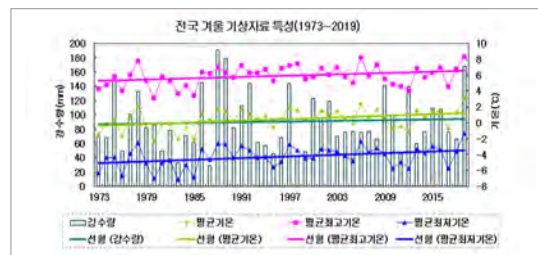
도로살얼음의 주요 발생원인 중에 하나가 어는 비이다. 어는 비는 비가 지표면에 닿거나 물체에 부딪혔을 때 유리면과 같이 코팅된 모습으로 얼어붙는 현상이다. 어는 비의 발생조건은 지표나 지표부근의 물체표면 온도가 반드시 영하이어야 한다. 어는 비 발생메커니즘은 중층대기는 영하의 층으로 인해 눈이 내리다가 영상 층의 하층대기에서 비로 바뀐다. 지표부근의 얇은 영하층으로 인해 지표 물체에 부딪치면서 얼어붙는다. 주로 지상 온난전선의 전면에서 자주 발생한다. 특히 지표면으로부터 열 손실이 커서 기온보다 지표면 온도가 약 2~3도 정도 낮은 교량에서 두드러지게 발생한다(박근영 등, 2017). 도로 위에 어는 비(freezing rain)가 내려 발생하는 도로살얼음의 경우 아침 최저기온을 보이는 6~8시에 많이 발생하고 결빙사고의 40.3% 발생한다는 보고가 있다.

4. 기후변화와 도로기상

기후변화의 영향으로 우리나라의 겨울철 강수량의 변동과 강수 형태의 변화가 나타난다. 이러한 겨울철 강수 변화는 도로살얼을 발생에도 영향을 미친다. 1973년부터 2019년까지 전국 45개 관측지점의 겨울철 기상자료의 추세를 살펴보면<그림 3> 2019년 겨울철은 1973년 이후 최고기온, 최저기온 그리고 평균기온의 극값을 경신하였다. 또한 2019년 12월 강수량이 22.6mm로 1994년 이후 25년 만에 가장 많았으나 눈은 전혀 내리지 않았다. 이러한 겨울철 기상요소의 변화가 있었던 기간에 2019년 12월 14일에 상주~영천고속도로와 2020년 1월 6일에 경남 합천 33번 국도에서 도로 살얼음으로 인한 연쇄 추돌사고가 발생하였다.

최근 겨울철 기온이 예년보다 상승함에 따라 도로 살얼음에 의한 대형 교통사고가 증가할 것으로 예측되고 있다. 겨울철 기온이 증가하게 되면 강우 일수가 증가하고 강수 형태로는 어는 비(freezing rain)의 발생이 증가한다는 연구 결과가 있다. 이처럼 기후변화로 인한 겨울철 기온 상승과 도로 살얼음 발생 간의 연관성을 비추어 볼 때 도로 살얼음으로 인한 교통사고는 앞으로도 더 큰 문제가 될 수 있다.

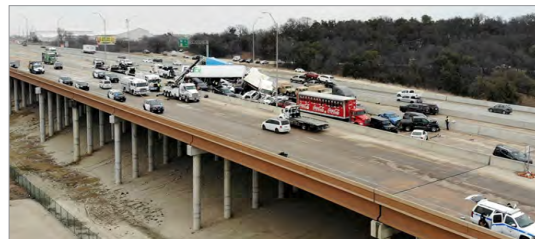
<그림 3> 1973년부터 2019년까지 전국 평균기온, 평균 최고기온, 평균 최저기온 및 강수량 변화



1) 북극진동(Arctic Oscillation): 북극에 존재하는 찬 공기의 소용돌이가 수십 일, 수십 년을 주기로 강약을 되풀이하는 현상, 북극 온난화(음의 값)로 대기 상층(약 12km 상공)의 제트기류가 약해지면 북극 찬 공기 남하로 미국, 유럽, 동아시아에 한파 등 기온 변동성이 증가함

2) 극 소용돌이(Polar Vortex): 북반구 겨울철 성층권 극 지역에서 북극을 감싸고 도는 강한 서풍대를 동반한 저기압 덩어리를 의미

<그림 4> 미국 텍사스주에서 발생한 도로살얼음 교통사고 모습



한편 2021년 2월 11일 오전 6시 미국 텍사스에서 133중 추돌사고로 6명이 숨졌고 60여명이 다쳤다<그림 4>. 사고는 비와 진눈깨비가 얼어붙어 생긴 800m의 빙판길 위에서 발생하였다. 도로 살얼음으로 인한 도로교통사고가 겨울이 따뜻한 미국의 남부 텍사스에서 왜 발생하였을까? 기후변화가 답이 될 수 있다. 지구온난화로 인해 2020년 12월부터 강한 음의 북극진동¹⁾과 함께 2021년 1월 초부터는 성층권 극 소용돌이²⁾가 평년 대비 약해지는 현상(성층권 돌연승온)까지 나타나 북극 찬 공기가 중위도 지역까지 남하하기 쉬운 조건이 형성되었다. 이로 인해 미국 전역에 폭설과 한파가 발생하였고 미국 본토의 73%가 눈으로 덮이고 2003년 이후 가장 넓은 지역에 눈이 내렸으며, 그 피해액이 약 1조 원에 달할 것으로 전망했다. 열대 태평양에서 지속되고 있는 라니냐로 인해 북태평양~북미 서해안에 블로킹이 발달하면서 제트기류가 사행하였고, 강한 수증기 수렴대(태평양 폭풍 트랙)가 형성되어 미국 북서부 해안지역에 폭우·폭설이 나타난 것으로 분석되었다. 또한 텍사스 주에 이례적으로 폭풍경보가 발효되고 2월 16일에 30cm 눈예보가 있었다. 2021년 2월 중순에 텍사스 주 휴스턴은 -10℃이었으며 이는 1989년 이후 최저기온이다. 미국 해양대기청에서는 올해 한파가 1899년 2월,

1905년 2월과 견줄만한 기록적 추위라고 언급하였다.

5. 마치면서

재난은 국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것을 의미한다. 재난은 자연재난과 사회재난으로 크게 분류한다. 자연재난은 자연현상으로 발생한 재해를 말하며, 사회재난은 인적재난과 사회적 재난으로 다시 나누어진다. 자연재난에는 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 대설, 한파, 가뭄, 폭염 등과 같은 위험기상현상이 포함된다. 위험기상현상이 발생하게 되면 많은 국민과 언론의 주목을 받게 된다. 특히 기상요인(안개와 도로살얼음)에 의해 도로 위에서 발생하는 대형 도로 교통사고는 국가적 관심사가 된다. 그 예로 2006년 10월 3일 7시 50분에 서해대교에서 발생한 29중 추돌사고(12명 사망, 57명 부상)와 2015년 2월 11일 영종대교에서 발생한 106중 추돌사고(2명 사망, 73여 명 부상)가 있다. 이들 사고는 안개가 주요 원인이다. 최근의 2019년 12월 14일 상주~영천고속도로 47중 추돌(7명 사망, 41명 부상)과 2020년 1월 6일 경남 합천 33번국도 41중 추돌사고는 적은 강수가 내린 후 새벽에 기온이 하강하면서 도로면에서 형성된 도로살얼음으로 인해 발생하였다.

차량의 속도와 가속·제동 능력은 도로 교통사고, 교통시설물, 도로설계에 관련성이 있다. 이는 자동차의 성능과도 직결되고 노면의 마찰계수의 영향을 받

는다. 도로노면이 미끄러워지는 것은 ① 젖은 도로부의 결빙에 의한 요인, ② 응결, 승화, 언 안개에 기인하는 적은 양의 수분이나 습기에 의한 요인, ③ 눈이나 언 상태로 내리는 비와 같은 강수에 의한 요인이 있다. Viner et al.(2004)에 따르면 미끄럼 마찰저항이 2배가 되면 교통사고 위험도가 1/2로 줄어든다고 한다. 도로 교통사고로 인한 사회적 비용은 얼마나 될까? 한국교통연구원의 분석 결과에 따르면 2019년 도로교통사고 발생건수는 129만 2,864건이며, 이로 인해 3,349명이 숨지고 205만 3,971명이 다쳤다. 교통사고 피해를 화폐 가치로 환산하면 약 43조 3,445억 원에 달하며 이 금액은 물리적 손실비용 약 23조 3,764억 원과 정신적 교통비용 약 19조 9,681억 원이 더해진 것이다. 이는 국내총생산(GDP)의 2.26%이다. 국가별 GDP 대비 도로 교통사고 비용은 미국, 일본, 영국에 비해 여전히 높다.

도로교통사고의 사회적 비용을 줄이기 위해서는 무엇보다 도로기상의 정확한 예측이 중요하다. 이를 위해 도로기상관측장비 설치를 통한 도로기상 정보를 수집하여야 한다. 하지만 도로기상관측장비는 여전히 부족한 실정이다. 도로기상은 도로에서 발생하는 기상현상이므로 이에 대한 근본적인 대책마련을 위해서는 기상청과 국토교통부와의 협업체계 구축이 필요하다. 기상청과 협업을 통한 도로기상 관측 및 예측기술 개발 등을 통해 도로 위 위험기상의 대비로 도로교통 안전성을 향상시킬 수 있을 것이다. 🇰🇷

참고 문헌

- 국립기상과학원, 2016: 영국기상청 과학 전략: 2016-2021, 정책정보노트(2016-02), pp.62
- 박근영, 이순환, 김은지, 윤병영, 2017: 겨울철 노면에 발생하는 어는 비와 블랙아이스의 기상학적 분석에 관한 사례 연구, Journal of Environmental Science International, 26(7), 827~836.
- 삼성교통안전문화연구소, 2020: 「겨울철 블랙아이스(빙판) 사고 특성과 대책」 발표, 2020.1.24, 보도자료
- Viner H., R. Sinhal, and T. Parry, 2004: Review of UK Skid Resistance Policy, Paper prepared for 5th International Symposium on Pavement Surface Characteristics, Toronto, Ontario, Canada.

그·날·의·도·로



1976년 7월 5일

그날, 천호대교가 개통되었다.

1976년 7월 5일, 천호대교가 개통되었다. 이 시기는 서울 강동지구가 서울시에 편입된 후 본격적인 시가지 개발사업이 진행되던 때이며, 1970년대 국가 주도적으로 진행된 영동지구(강남지역) 개발사업이 점차 현재의 송파구와 강동구 지역으로 확장됨에 따라 건설된 교량이다. 약 200m 정도 떨어진 거리에 1936년 개통된 광진교가 있었지만 증가하는 교통량을 노후화된 교량이 감당하기 버겁다는 판단이 내려지면서 하류 쪽에 천호대교를 건설하게 되었다.

강동지역 발전의 시작

천호대교가 천호동과 광진구 주변지역의 막대한 교통량을 흡수하면서 강동지역 발전에 기여하였다. 당시 한강에 교량이 거의 없었기 때문에 강북지역과 강남지역의 왕래가 쉽지 않았지만, 천호대교 개통을 통해 강동지구가 서울의 여타 외곽지역과 대등한 도로상태를 갖추게 되어 교류가 활성화 되는 시초가 되었다. 이로 인해 천호동 일대의 개발을 촉진하여 강동지역 인구가 크게 증가하였다. 하지만 1986년에 교통용량을 초과하면서 교통체증을 일으키기 시작하였으며, 교통량 분산을 위해 올림픽대교가 추가로 건설되었다.



천호대교에서 약 200m 정도 떨어진 거리에 1936년 개통된 광진교가 있었다.

천호대교 상세

천호대교 너비는 25.6m, 길이는 1,150m에 달한다. 상부구조는 경간 30m의 단순보로 구성된 PSC 합성거더 750m와 4경간 연속 강박스거더 400m로 이루어져 있다. 차도는 너비 21.0m의 6차로이며, 4.0m의 보도와 0.6m의 중앙분리로 구성되어 있다. 천호대교는 1980년대 후반부터 노후화 때문에 긴급 점검 및 보수의 필요성이 인식되어 1994년에 강박스거더 내부균열용접과 내부도장, 신축이음장치와 교좌장치 보수, PSC 거더의 보수 등 긴급보수공사를 시행하였다. 이후 1등교로 개선하기 위해 2000년에 우물통 세굴방지공 설치, 교량받침 교체 및 보수공사, 도로 포장 등의 공사를 진행하여 현재의 모습이 갖춰졌다.

(출처 및 참고자료: 서울특별시, 한국민족문화대백과사전, KTV)

순보의 형교 (桁橋)

이음이교자 했으나, 끊임으로 놓여있는 이 다리의 슬픔.
공동경비구역 內 돌아오지 않는 다리

이영천 | 작가

어릴 적 넓게만 보이던 시골에서 개울을 건너 주던, 고마운 콘크리트 슬래브 교가 생각난다. 가장 작은 단위의 형교다. 눈을 들어 바라봐지는 거개의 다리가 형교로, 이는 현대식 교량 중 가장 빈번하게 적용된 형식이기도 하다.

근·현대 문물이 그러하듯 형교도 산업혁명이 촉발시킨 재료·기술의 발달과 함께 우리 앞에 나타난다. 육상교통이 비약적으로 뻗어가기 시작한다. 교통 발달은 필연적으로 다음 3요소를 기본으로 한다. 교통시설(도로, 철로 등 선형시설)로써 Link, 연결 결절점(교차로, 역, 터미널 등)으로 Node, 그리고 교통수단(자동차, 열차, 2륜차 등)인 Mode의 발달이다.

이중 Link와 Mode는 불가분의 관계다. 교통수단 발전이 교통시설의 발달을 이끌어 왔다. 차량과 열차의 성능이 좋아지자 도로와 철로가 같이 발달한다. 반대로의 발달도 마찬가지다. 자동차와 도로, 열차와 철로의 발전은 필연적으로 넓은 하천이나 바다, 산악과 깊은 계곡의 극복을 필요로 하였다.

현대식 교량 형교의 탄생

필요성의 생성이 변화 욕구를 거쳐 새로운 기술을 탄생시킨다. 고속의 편리성이 추구된다. 곧은 직선이 정답인 시대가 도래한다. 무궁한 비약의 시대다. 큰 언덕이나 높은 산은 터널을 뚫어 극복한다. 넓은 하천이나 바다, 계곡은 장대교량으로 극복해 내야만 했다.

장대교량을 만들려면 가장 먼저 재료가 변해야 한다. 나무나 돌로는 넓고 깊은 강이나 계곡을 건널 수 없다. 새로운 재료를 필요로 한다. 바뀐 재료에 걸 맞는 기술도 요구된다. 산업혁명



1975년 천호대교 공사모습. 하부구조 공사를 시행하는 모습이 뚜렷하다

이 일어나고 모든 기술이 비약적으로 발전한다. 석회석과 쇠를 이용하는 지해와 기술이 발휘되기 시작한다. 콘크리트가 개선되고 쇠의 품질과 강도, 수명도 길어진다. 쇠와 콘크리트는 토목과 건축에 혁명적인 변화를 가져온다. 다리도 마찬가지다. 현대식 다리가 탄생한다. 규모가 거대해지고 경간이 넓어지기 시작한다. 현대식 다리는 철과 콘크리트 없이는 도저히 설명할 방법이 없다. <사진1>

철과 콘크리트가 사용되면서 반영구적인 다리를 만들 수 있게 되었다. '단순보'의 탄생이다. 하부구조 기술력이 발달하자 교각, 교대, 상판의 기술발전이 뒤를 잇는다. 곧이어 재료를 혼합해 만든 '합성보' 시대가 다가온다. 단순히 하천을 건너는 짧은 다리에서 수십 킬로미터 넓은 해상을 횡단하는 긴 다리까지, 다양한 모습의 다리들이 생겨난다. 이를 이끌어낸 기저엔 더욱 발전된 하부구조 기술력이 있었고, 이는 합성보의 '연속보'를 탄생시키는 배경이 되어 주었다.



좌측 단순보를 잇대 만든 구교와 우측 매끄럽게 이어진 연속보가 대조를 보이는 한강 행주대교

단순보의 형교

형교를 거더교(Girder, 수평재)라 부르기도 한다. 간단하게 정의하면 '철재 또는 콘크리트로 만든 거더를 수평으로 걸쳐 건너게 하는 경량구조의 다리'다. 다리 3요소인 교각, 교대, 상판이 가장 단순한 형상으로 만들어진다. 이렇듯 형교는 '단순보'라 부르는 거더를 양끝에서 떠받치는 형태로 지탱하는 방식이 가장 기본이다. 이런 이유로 가장 경제적인 다리이기도 하다. 경제적인 만큼 경간은 그리 넓지 않다. 단순보를 통상 '그리 넓지 않은 하천을 1~2개의 상판으로 건너는 다리'라 지칭한다. 경간은 40m 내외가 경제적이다 알려져 있다. 단순보 「형고비(형 높이)를 경간으로 나눈 값, 桁高比 = 형 두께(높이)÷경간」는 1/20~1/30으로 설계하는 것이 경제적이고 일반적이라는 것이 통례다. <사진2>

형교는 수직으로 내리 누르는 힘(하중(荷重))을 거더 재료 자체의 휘어지는 힘(압축응력(壓縮應力))과 늘어나는 힘(인장응력(引張應力))간 균형으로 떠안아야 한다. 수직으로 내리 누르는 힘을 재료가 잘 대처해야 하는 것이다. 그래야 부러지거나 무너져 내리지 않는다. 나무막대가 부러지는 원리를 생각하면 이해가 쉽다. 나무막대에 힘을 주어 구부리면 구부러지는 안쪽으로는 휘어지는 힘(압축응력)이 작용하고 반대편으로는 늘어나는 힘(인장응력)이 작용한다. 이 힘의 균형이 무너지면 나무막대는 부러진다. 형교 원리도 이와 똑 같다.

널문리의 널다리

이어져는 있으나, 끊겨있는 다리가 있다. 몇 번의 사건을 겪고 이젠 사용조차 하지 않는 잊혀진 다리다. 공동경비구역 안에 있는 '돌아오지 않는(못할) 다리'다. 이 허름한 단순보의 형교가 분단의 상징으로 자리매김한지는 오래다. 본디 다리가 갖는 상



수십 년 잘 보존되어있는 비무장지대 원시림. 통일이 되면 잘 보존된 평화공원을 조성하자는 논의가 활발하다

징은 '이음'에 있는데, 그런 면에서 이 다리는 이미 '죽어있는 다리'라 할 만 하다. 속명인가? 이 다리를 살려내야 하는 일이 우리 세대 몫이라면 흔쾌한 일이겠으나, 항구적인 평화를 담보해 내는 것만으로도 괜찮다는 생각이다. 하지만 언젠가는 반드시 다시 이어야 할 다리임에는 분명하다. <사진3>

판문점은 비무장지대(De-Militarized Zone, DMZ)의 섬 같은 곳이다. 다리가 있는 곳은 널문(板門)이란 마을이다. 한국전쟁 때엔 초가집 몇 채의 작은 마을에 불과했다. 널문리 이름 유래가 '널뻐지로 만든 나무 문'에서인지 '널다리'를 뜻하는 말에서 왔는지는 불분명하다. 후자가 더 명확해 보인다. 널뻐지 문은 우리 전통가옥에서 흔하게 볼 수 있었기 때문에, 그런 연유로 마을을 널문리로 불렀을 까닭은 미약해 보인다. 문(門)을 통과와 소통이라는 하나의 표징(表徵)으로 본다면, 이곳에 제법 규모 있는 널다리가 있었음을 충분히 추론할 수 있다.

임진왜란 초기 도망치듯 의주로 피난길에 오른 선조를, 이곳 백성들이 널뻐지 문을 뜯어다 임진강에 큰 널다리를 만들어 건너게 했다는 일화가 있다. 마을 이름은 이 일화에서 유래했다는 설이 유력하다. 그 다리를 '널문교(板門橋)'라 불렀다 한다. 그러나 한양~개성 사이 중간 기착지였던 널문리에서 임진강까지 거리는 상당하다.

지명(地名)을 해석하는 일은, 땅의 역사를 바탕으로 하는 게 바람직하다. 선조의 피난행렬이 이곳을 지났을 가능성은 매우 높다. 따라서 임진강이건 공동경비구역 안 사천(砂川)이건, 어딘가에는 분명 널다리가 놓였다고 역사는 말하고 있다. 板門(판문)은 널문리라 부르던 마을을 그제 단조롭게 한문으로 바꿔 쓴 것에 불과하다. 한국전쟁 휴전회담 당시 중국협상단이 편의를 위해 붙인 이름이란 말도 전한다.



사진 4

오랜 시간 사용하지 않아 낡은 흔적이 역력한 돌아오지 않는 다리. 분단의 상징에서 평화와 통일의 상징으로 자리매김하길 빌어본다



사진 4-1

목조건물의 휴전회담 장소. 많은 사람들이 북적거리고 경계를 선 UN군 병사 모습이 생경하다



사진 4-2

북으로 간 포로들이 남에서 준 옷가지 등을 벗어던지고 돌아오지 않는 다리를 건너 가고 난 흔적

공동경비구역 JSA와 돌아오지 않는 다리

돌아오지 않는 다리가 걸려있는 사천은 폭 50미터도 채 안 되는 하천이다. 다리의 정확한 길이나 폭원 · 높이를 확인할 수 없으나, 우리네 시골마을 어디에서나 흔히 볼 수 있는 ‘철근콘크리트 슬래브 교’로 판단된다. 본래 이름이 ‘널문다리’였다 전한다. 영화 <공동경비구역 JSA>에서 배경 소품으로 등장한 다리이기도 하다. <사진4>

1951년 정식 휴전회담을 이곳으로부터 북서쪽 500미터 지점에서 시작한다. 처음엔 천막을 치고 회담한다. 그러다 목조건물로 바뀌게 된다. 휴전에 임박해 각각 점령지역을 기준으로 휴전선을 측량 해보니, 처음 회담 장소는 북한 땅이다. 그래서 500미터 동남 측으로 내려오게 된다. 그 자리가 지금의 판문점으로 규모는 동서로 800미터, 남북으로 400미터다.<사진4-1> 1년 9개월의 긴 회담을 지나, 1953년 7월 휴전협정이 체결된다. 같은 해 8월 5일부터 9월 6일 까지 이곳을 분기점으로 UN군 포로를 포함, 생방 간 약 9만6천7백여 명의 포로가 남북

으로 갈라진다. 각자 소신으로, 혹은 억박지름과 강요로 엇갈려 버린 길이다. 포로들이 자기들만의 방향으로 길을 달리해 갈라지면서 이 다리를 건넌다. 그러면서 붙여진 이름 ‘돌아오지 않는(혹은 돌아오지 못할) 다리’가 되었다. <사진4-2> 송환을 거부한 포로는 2만2천여 명이다. 이들은 ‘중립국 송환위원회’에 넘겨져 자유의사에 따라 행선지를 결정한다. 많은 포로들이 남북 어디도 아닌 중립국 행을 택한다.

이 과정에서 이승만이 부린 몽니는 유명한 일화다. 이승만에게 휴전협정과 포로송환 문제를 활용할 모종의 공공이가 있었다. 독재 권력을 공고히 다지기 위해 부린 꼼수다. 이승만은 “한미 방위조약 체결 전엔 휴전이 불가하고, 반공 애국동포를 북한에 보낼 수 없다”라고 선언한다. 휴전협상 중이던 1953년 6월 18일엔 영천 · 대구 · 논산 · 마산 · 부산 · 거제도 등지에 수용된 소위 반공포로 3만7천여 명을 직권으로 석방해버린다. 나아가 자기 요구가 관철되지 않으면 휴전협정 교섭파기를 위해 보다 강력한 조치를 취하겠다는 태도를 보인다.

그의 이런 태도는 국제문제로 비화되었고, 북한도 포로들을 재수용하려는 태도를 취한다. 미국이 부라부라 이승만을 달랜다. 그때 <한미상호방위조약>이 체결되고 경제원조와 한국군 증강 등을 조건으로 이승만의 동의를 얻어낸다. 이후 한미상호방위조약은 남북관계는 물론 북미관계에 이르기까지 두고두고 걸림돌로 작용하게 된다. <사진5>

영화 <공동경비구역 JSA>는 휴전 50여 년이 다가오는 2000년에 개봉한다. 영화에서 중립국(스위스) 감독위원회 법무관인 소피 장(이영애 분) 소령의 아버지가 이 다리를 건너지 않고 중립국 행을 택한 전쟁 포로였다. 50여 년이란 시간이 지났어도 전쟁이 남긴 상흔과 갈라진 갈등은 쉬이 사그라들지 않는다.



사진 5

포로교환을 위해 판문점으로 공산포로가 도착하는 장면. 이들은 돌아오지 않는 다리를 건너 북으로 간다

남과 북 젊은 경비병들이 우연한 기회에 은밀하게 휴전선을 넘나들면서, 서로의 문화를 공유하기 시작한다. 금세 형 동생이 된다. 단지 한 핏줄이기 때문만은 아니다. 두 세대 전 할아버지들이 만들어 놓은, 깊이 파인 아픔 때문이다. 그들 모두는 전쟁과 분단의 아픔을 대를 이어 공유하는 존재들이다.

서로 왕래하던 다리가 끊기고

다리가 위치한 곳은 공동경비구역 안이다. 구역 서측, 북에서 남으로 흐르는 사천을 동서로 잇는다. 분단 상황에서도 공동경비구역 안에서는 남북 간 군사들이 이 다리를 자유로이 왕래하고 있었다. 1976년 8월 이전까진 서로 담배와 초콜릿을 나누곤 한다. 1968년엔 남북되었던 푸에블로 호 선원 82명이, 1969년에는 남북되었던 KAL기 승객 39명이 이곳을 통해 송환된다. 이들의 송환은, 판문점은 남북이 공동으로 염두에 두고 있는 하나의 통로이거나 소통창구였음을 전 세계에 확인 시켜주는 계기가 된다. 1971년 9월 20일부터 72년 8월 11일까지 25차례 열린 남북적십자 예비회담을 필두로, 이곳은 남북을 잇는 창구로 확실하게 자리매김하였다. 말 그대로 널문이자 널다리였던 것이다.

1976년 8월 18일, 이 다리 북측방향 시야를 가리던 미루나무 가지 제거를 지휘하던 미군 2명이, 북한군에게 살해당하는 ‘도끼살인사건’이 일어난다. 이 사건으로 남북은 전쟁 일보직전의 긴장 상태에 빠져든다. 이때부터 공동경비구역 내에서도 군사분계선이 적용되기 시작한다. 공동경비구역에서 남북 간 군사들의 왕래가 분계선을 경계로 제한 · 금지된 것이다. 이후 2018년까지 공동경비구역에서마저 극한의 대립이 지속되었다. <사진6>

1989년 대학생 임수경이 세계청년학생축전에 참가하기 위해 평양을 방문한다. 국내에선 공간기관과 언론의 합작으로 서늘한 공간정국이 만들어진다. 반면, 냉전체제 해체 조짐을 보

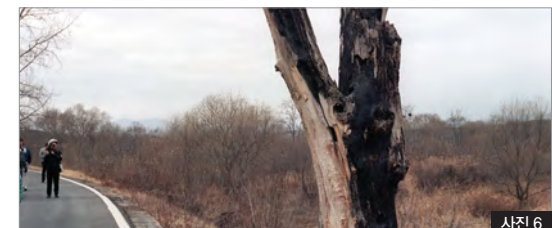


사진 6

도끼살인사건이 일어나고 8년이 지난 1984년 고사(枯死)한 미루나무 모습

이던 국제 여론은 이에 매우 고무적인 반응을 보인다. 임수경과 동행한 몇몇 종교인들이 판문점을 통해 남으로 내려온다. 1990년 들어 통일운동가와 종교인, 문학저술가 등의 방북이 뒤를 잇는다. 이때 이뤄진 방북 러시로 판문점은 다시 세계의 이목을 끌게 된다. 냉전해체와 남북통일을 염원하는 사람들의 관심이 집중된다. 하지만 여전히 분계선은 강고하다.

앞날을 향해 항시 열려있는 널문으로

2018년 4월엔 남북정상이 이곳에서 만나 평화와 공존 · 공영, 전쟁종식을 얘기한다. 후속조치로 공동경비구역에선 무기를 철수하고, 다시 남북한 군사들이 자유로이 오갈 수 있는 상황이 만들어진다. 2019년 6월엔 미국 대통령이 이곳에서 북한 최고 지도자를 만나 회담한다. 남북분단 이후 최초이자 경계를 넘나든 꿈같은 일들이 벌어진다. 널문의 이름에 어울리는 일들의 연속이다. 널문이 항시 넓게 열려 있었으면 좋겠다는 바람을 가져본다. 널문은 넓게 열린 문이며 서로를 잇는 다리이기 때문이다.

그 이름에 걸맞은 평화가 항구적으로 지속되었으면 한다. 이 다리로, 우리 민족에게 새로운 빛과 평화의 훈풍이 불어올 수 있을까? 모든 무기가 보습으로 바뀌고, 공포 얼어붙은 생각과 몸뚱이가 봄바람에 얼음 녹듯 녹아내릴 수 있을까? 이곳 판문점에 있는 돌아오지 않는 다리로 모든 미움과 적대가 건너가 다시는 돌아오지 않을 순 없을까? <사진7>

그 길로 새로운 희망과 평화가 밀물처럼 밀려와, 우리 민족과 전 세계의 안녕과 번영으로 나아갔으면 좋겠다. 돌아오지 않는 다리에서 남북이 서로 만나 부둥켜안고, 서로를 확인하는 다리가 되었으면 좋겠다. 적대와 질시가 아닌 ‘만남의 다리’가 되었으면 좋겠다. 과연 그런 날이 올 수 있을까? ‘이음’이라는 상징, 소통과 왕래라는 다리의 진정한 의미를 되찾게 되는 날, 그런 날은 꼭 오리라 확신한다. 🇰🇷🇸🇰



사진 7

2018년 4월 남북정상이 판문점 군사분계선을 사이에 두고 만나는 장면

조선시대의 길(2)

길의 역사 11편



유형원의 동국여지지(東國輿地誌)

1656년 실학자 유형원이 편찬한 우리나라 최초의 사찬 전국지리지이다. 9권 10책. 필사본. 1660년대 후반까지 추보하였다. 내용은 권1 경도(京都)·한성부·개성부, 권2 경기, 권3 충청도, 권4 상하(上下) 경상도, 권5 상하 전라도, 권6 황해도, 권7 강원도, 권8 함경도, 권9 평안도로 되어 있다. 이 중 권4의 상(上)에 해당하는 경상도 35개 군현의 읍지가 결여되어 있다. 이 책은 역사 지리적 측면을 중시하고, 국토를 실증적이고 사실적으로 인식하며, 실용적인 지리지를 편찬하여 사회개혁안의 자료로 삼고자 하였던 실학자 유형원의 사고가 담겨 있으며, 신경준(申景濬)을 비롯하여 그 이후의 실학자들에게도 영향을 주었다. 규장각도서에 있다. 1983년 아세아문화사에서 한국지리지총서(韓國地理誌叢書)의 『전국지리지 全國地理志』 3권으로 영인, 간행하였다.



(출처: 한국민족문화대백과사전)

실학자(實學者)들의 도로 인식

현실문제에 매우 민감하였던 실학자들은 인간의 일상생활과 불가분의 관계에 있는 도로에 대하여도 적극적인 인식을 보였다. 실학자들은 심오한 경제이론으로써 도로의 중요성을 역설하는가 하면, 정교한 실증에 의해 도로망을 작성하였다. 실학자 중에서도 동국여지지(輿地誌)를 펴낸 유형원(柳馨遠), 택리지(擇里志)의 이종환(李重煥), 도로고(道路考)의 신경준(申景濬), 지전설(地轉說)을 주장한 홍대용(洪大容), 북학의(北學議)의 박제가(朴齊家), 그리고 동국지도, 대동여지도를 각각 제작한 정상기(鄭尙驥), 김정호(金正浩) 등이 특히 도로에 깊은 관심을 보였다.

실학자들은 궁극적으로 국민 경제권의 수립이라는 측면에서 도로의 중요성을 인식하여 도로를 바탕으로 한 경제생활의 혁신을 꾀하였던 것이다. 국민 경제권의 형성은 확실히 도로와 도로를 토대로 한 교통체계를 통해 이루어진다. 그리하여 이 점을 일찍이 인식하고 있었던 실학자들은 도로의 개수와 교통수단의 개선을 적극적으로 주장하기에 이르렀다.



(출처: 한국민족문화대백과사전)

신경준의 도로고(道路考)

1770년 문신·학자 신경준이 전국의 육로·수로 교통 및 중국·일본과의 교통로를 기록한 역사지리서이다. 신경준의 도로고는 산천도리(山川道里) 등 지리에 밝았던 저자의 역작이다. 저자는 서문에서 “조선조의 도리(道里)는 주척(周尺)에 의거하여 설정되었으나, 지역에 따라 이수(里數)가 일정하지 않고, 도로 표지나 시설의 배치가 불규칙하여 여행자에게 주는 불편은 물론, 국정에 미치는 피해도 크다”고 찬술의 동기를 밝히고 있다. 즉, 정치·군사·행정·상업 등 여러 부문에서의 사회·경제적 변화와 그에 따른 정확한 지리적 지식, 특히 도로에 대한 지식의 필요성에서 저술한 것임을 알 수 있다. 🇰🇷

(다음 호에 계속) 조선시대의 길(3) - 길의 역사 12편

참고자료

- 한국민족문화대백과사전
- 한국학중앙연구원
- 도로백서, 건설교통부, 2003
- 국립중앙도서관
- 서울대학교 규장각한국학연구원



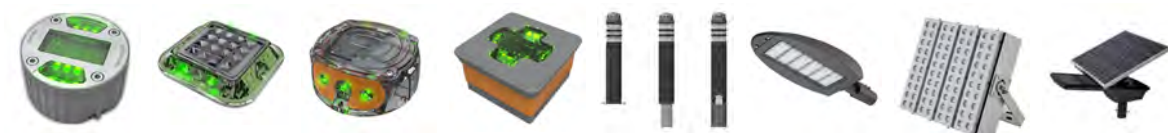
세계최초 스마트 저전력 배터리 시스템으로 도로 안전수준 더 높여

기술중심의 강소기업, (주)HB세계로

(주)HB세계로는 도로안전시설 제품 개발 기업이다. 특히 저전력 고효율 고회도의 하이브리드 배터리 시스템 개발에 주력하면서 국내와 미국 등 20개 이상의 지적재산권을 획득한 기술 중심의 강소기업이다. 현재 도로표지병과 가로등, 터널등 등 약 40개 이상의 제품을 관공서에 공급하고 있다. 특히, 도로표지병과 가로등 제품은 국내 동종업계와 비교해도 저비용 고효율이라는 평가를 받으며 서울시, 인천시, 대전시, 부산시 등 지자체에 설치되고 있으며, 미국과 동남아시아 등 해외 시장에서의 영향력도 확대해나가고 있다. 최근에는 북미 지역 도로안전 제품 유통회사인 OMNI와 판매 계약을 맺어 성공적인 수출을 이뤄냈으며, 개도국의 수요도 꾸준히 늘고 있다.

스마트 배터리전원시스템

(주)HB세계로는 도로표지병, 불라드, 경관 조명 등 완제품에 이르는 모든 공정을 위해 도로안전시설물 제조 인프라와 인력을 갖추고 있다. 특히, 전선을 사용하지 않고 1차 전지를 활용한 저전력 원천기술을 확보하여 세계최초 ‘스마트 배터리 시스템’ 개발하였으며, 각종 도로안전 시설 제품에 적용하여 설치하고 있다. AC전원과 태양광 에너지로 충전하던 방식의 기존 제품이 가졌던 단점인 잦은 고장, 짧은 수명, 미점등의 문제를 스마트 배터리 시스템 개발을 통해 획기적으로 개선시켰다. 스마트 배터리 시스템이 탑재된 제품 수명은 점등 기준 5년, 점멸

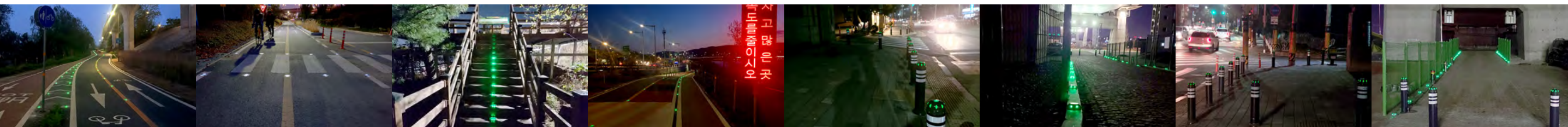


기준 10년의 (주)엔씨티 신뢰성 시험 결과도 획득하여 공인기관으로부터 기술력을 인정받았다.

최적의 도로경계 시야확보

도로에서 가장 위험할 때는 야간과 악천후이다. 특히 밤길의 도로 운전뿐만 아니라 비와 눈이 내리는 날에는 시야가 확보되기 어렵기 때문에 도로 경계면과 중앙선이 잘 보이지 않아 사고 위험성이 크다. 따라서 운전자들이 도로 경계면과 중앙선 등을 쉽게 알아볼 수 있도록 도로표지병이 설치된다. 도로표지병에는 재귀반사형, 솔라형, 하이브리드형, 스마트 배터리형 등이 있다. HB세계로에서는 스마트 배터리 방식과 하이브리드 솔라 방식으로 도로표지병을 개발 및 생산하고 있다. 특히, 스마트 배터리 타입은 1차 전지 구동 방식이기 때문에 추가적인 전원 공급이 필요 없으며, 전기 사용, 태양광 충전이 어려운 산간 지역이나 그늘진 곳 등 제약 없이 설치할 수 있다. 또한, HB세계로의 도로표지병은 저전류 소모 특허 기술을 적용해 수명이 길다. 하루 10시간 작동 기준으로 5~10년까지 유지된다. 하이브리드 타입은 태양광과 배터리를 함께 사용한다. 태양광 도로표지병이 방전되면 점등이 불가능한 점을 보완한 제품이다. 전선 매립 과정이 없기 때문에 시공비를 절감할 수 있고, 추후 점멸 시 배터리만 교체하면 유지보수도 간편하다.

인증 및 수상		기업정보 및 소개	
2019	도로표지병(레인보우) 특허 등록	위 치	인천광역시 미추홀구 염전로 143번길 49 (본사)
2020	배터리형 도로시설물에 대한 배터리수명(5년) 공인시험기관 인증획득		인천광역시 서구 17, 나동 5층 511호 (공장)
2020	중소기업벤처기업부장관상 2020대한민국 산업대상 경영혁신부문 입상		T. 032-581-2576 F. 032-719-7299
2021	도로표지병 2종 특허 등록	연 락 처	
2021	인천글로벌 IP스타기업 선정	홈페이지	http://hbsekero.co.kr
2021	혁신한국인&POWER KOREA 대상 (기술혁신 CEO 부문-도로안전제품)		



mini interview

(주)HB세계로

김정기 전무이사



Q HB세계로 제품의 특징점이 있다면?

A 우리 제품의 특별함은 똑똑하고 오래가는 스마트 배터리 시스템에서 비롯된다. 스마트 배터리 타입은 쉽게 말해 태양광 충전 없이, 전선이 없이 저전력으로 오랜 기간 동안 사용할 수 있는 배터리다. 스마트 배터리를 통해 최장 10년까지도 오래 쓸 수 있는 LED 제품이 특징점이라고 할 수 있다. 또한 결로 방지 3중 방수기능으로 돼 있어서 혹한기, 혹서기에 도 사용이 가능하고 설치장소에 전혀 제한이 없다.

Q 스마트 배터리 시스템을 개발한 이유는?

A 우리나라는 태양광 에너지가 충분하지 않은 환경이다. 도로에 태양광 도로안전시설제품을 설치하면 기능적인 측면과 수명 등의 문제가 빈번하게 발생하여 정부예산이 낭비되고 있다. 이를 해결하기 위해 2년 이상의 연구를 진행했고, 장수명으로 사

용할 수 있는 저전력배터리기술과 하이브리드형 도로표지병과 볼라드, 벽등, 텔리네이터 시스템 개발에 성공하였다. 태양광 제품과 재귀반사필름 제품의 잦은 고장과 오염으로 항상 공무원의 민원이 수시로 발생하고 있는데, 이를 해결하는 중요한 계기가 마련된 것이라고 생각한다.

Q 스마트 배터리 제품은 어디에 설치되는가?

A 도로안전 시설물에 스마트 배터리 시스템을 활용하여 제품을 생산하고 있다. 대표적으로는 도로표지병, 볼라드, 조명등을 생산한다. 자동차전용도로, 고속도로 휴게소, 터널 경계석, 자전거도로, 스쿨존, 안심귀갓길, 회전교차로, 공원, 산책로 등에 설치하여 시민들의 안전에 기여하고 있다. 위험구간뿐만 아니라 고속도로 진출입로, IC, 휴게소, 아파트 내 등 다양한 도로환경에 적용할 수 있다. 실

제 우리 제품들은 국내 200곳 이상에 도로표지병과 볼라드를 설치하면서 지자체로부터 가치를 인정받고 있다.

Q 스마트 배터리 제품의 특허나 인증 사례가 있다면?

A HB세계로는 전원 소모 저감 기능이 구비된 도로표지병, 조명장치, 도로 표지병 제어 장치 등 국내외 특허를 포함해 30개 이상의 지적재산권을 보유하고 있으며, 해외 40개국에 특허협력조약 PCT도 출원 중이다. 그리고 단순한 납품에 그치지 않고 현장 시공 및 A/S까지 책임지기 위한 건설업 면허도 있기 때문에 발주처에서 믿고 맡길 수 있도록 유지관리 부분도 끝까지 책임지고 있다.

Q 도로 안전을 위한 조명의 중요성이 높아지고 있다. 교통사고 잦은 지역, 학교 주변, 우범지역과 같은 다양한 지역에도 수요가 있을 것 같다.

A 그렇다. 작년보다 올해에 지자체, 관공서 등에서 많이 찾고 있다. 차량 운전자의 고령화로 인해 야간운전의 위험 문제가 대두되고 있고, 악천후로 차선이 보이지 않아 많은 교통사고를 야기하고 있다. 스쿨존 어린이 교통사고, 야간 교통사고 문제로 안전한 도로환경의 중요성이 날로 높아지고 있다. 현재도 많은 관공서에서 설치문의가 오고 있고 전국 다양한 곳에 설치되고 있다.

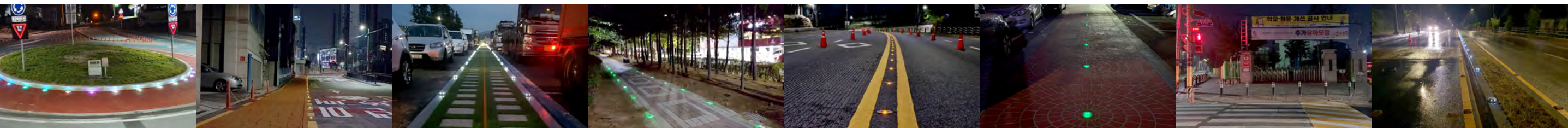


Q 제품을 해외에도 수출하고 있다. 최근 실적이 있다면?

A 수출기준이 까다로운 일본을 포함해 미국, 호주 전역에 해외시장을 개척했으며, 동남아시아 및 서유럽 등에서도 바이어들의 문의가 있다. 2020년에는 약 20만 불 이상 수출실적이 있었고, 지속해서 해외의 수주가 늘어나고 있다.

Q 앞으로의 계획은?

A 4차 산업혁명과 포스트 코로나 시대에 대응할 국가발전전략으로 한국판 뉴딜 정책이 본격화 되고 있다. 특히 스마트시티 건설 시 우리 제품이 다양한 구간에 설치될 수 있도록 정보통신기술, 사물인터넷과 같은 지능형 기술도 접목 개발할 예정이다. 도로, 휴게소, 스쿨존뿐만 아니라 자전거도로, 하천길, 강가 산책로, 공항 등에 지속적인 성장 동력으로 삼을 계획이다. 🇰🇷



최첨단 스마트기술을 접목한 대한민국 최초의 대심도 지하도로 개통 — 신월여의지하도로 —



신월여의지하도로

신월여의지하도로가 4월 16일 개통됐다. 이 도로는 서울 서남권 신월IC와 여의도동 여의대로·올림픽대로를 직접 연결하는 총 연장 7.53km, 왕복 4차로의 대심도 지하터널로 국회대로 하부 지하 50~70m에 위치하며, 지난 2015년 10월 첫 삽을 뜬지 5년 6개월 만에 완공되었다. 도로 개통으로 신월IC에서 여의도까지 출퇴근 시간대 통행시간이 기존 32분에서 10여 분 이상 줄어들게 됐다. 본 지하도로는 정차 없이 통행료를 자동 부과하는 ‘스마트톨링시스템’과 미세 먼지와 유해가스를 터널 안에서 정화하는 ‘바이패스’ 방식을 도입한 최첨단 스마트 도로이다.



서울제물포터널 민간투자사업

신월여의지하도로가 계획 당시에는 ‘서울제물포터널’이라는 이름으로 불렸다. ‘서울제물포터널 민간투자사업’의 2014년 5월 체결한 실시협약에 따라 민간사업자가 건설하고 준공과 동시에 소유권을 서울시에 양도, 30년 동안 민간사업시행자가 직접 운영하며 통행료로 수익을 내는 수익형 민간투자사업(BTO, Build Transfer Operate)이다. 수익이 적을 경우 손실을 세금으로 보전해 주는 최소운영수입보장은 없다. 유료도로이며, 요금은 2,400원, 제한 속도는 80km/h(여의대로, 올림픽대로 진출입부는 60km/h)이다. 소형차 전용도로로 경형, 소형, 중형, 대형의 승용 자동차, 승차정원이 15인 이하이고 너비 1.7m, 높이 2.0m 이하의 승합차가 통행 가능하다.

구분	통행료	기준	차량예시
경차	1,200	배기량이 1천 CC 미만으로서 길이 3.6m, 너비 1.6m, 높이 2.0m 이하	마티즈, 스파크, 모닝 등
소형차	2,400	2축 차량, 윤폭 130mm 초과 279.4mm 이하	승용차, 16인승 이하 소형버스, 2.5톤 미만 소형화물

※차종구분은 차종분류기준(축수, 윤폭, 윤거)에 의하여 적용차량은 차량별 제원 등에 따라 달라질 수 있음

스마트톨링시스템, 바이패스 환기방식 등 스마트기술 적용

신월여의지하도로는 국내 최초로 고속도로가 아닌 도로에 무인으로 요금을 징수하는 스마트톨링시스템이 도입됐다. 이용 차량에는 하이패스, 서울시 바로녹색결제, 사전 영상약정 서비스를 통해 자동으로 통행료가 부과된다. 사전 영상약정 서비스는 별도의 단말기 없이 차량 번호를 인식하여 요금을 부과하는 방법으로, 시행사인 서울터널(주) 홈페이지(seoultunnel.co.kr)에서 별도의 비용 없이 손쉽게 신청할 수 있다.





신월여의지하도로는 화재 등 만일의 사고나 비상상황 발생에 대비해 피난시설과 방재시설을 방재등급 1등급 이상 수준으로 설치했으며, 도심지 특성을 고려해 미세먼지와 유해가스를 터널 안에서 정화하고 배출하지 않는 바이패스(By-Pass) 환기방식이 도입됐다. 피난시설은 대인전용 25개소(200m 간격), 차량검용 15개소(600m 간격) 등 총 40개소의 피난통로가 설치되었으며, 방재시설은 옥내소화전, 소화기(44m 이내), 연결송수구 설비, 물분무설비, 제연설비(환기설비 겸용), 피난연락궤문 등이 설치됐다. 화재 등 사고 발생 시에는 자동화재탐지설비와 사고를 확인할 수 있는 영상유고감지설비를 통해 자동으로 화재를 감지해 5분 이내에 연기를 집중 배출하는 제연설비와 물분무설비가 작동한다. 이용자는 진입차량이 통제되면 반대편 터널로 대피 후 출·입구 6개소에서 도보로 이동하거나 수직구의 승강기 2개소를 이용하여 대피할 수 있다.

최신 교통관리시스템 적용

대심도 장대터널로서 운전자들의 편의를 위한 최신 교통관리시스템이 설치됐다. 교통상황을 파악하기 위한 차량검지기(VDS) 18개소, 운전자에게 교통상황을 알리기 위한 교통정보표지(VMS) 3개소 및 대기경고표지(QWS) 22개소, 차로이용규제시스템(LCS) 39개소가 마련됐다. 이러한 운영설비들은 종합관제실에서 자동 통제돼 실시간 모니터링 된다. 터널 내 과속 방지를 위해 구간단속과 지점단속 카메라가 설치되어 안전 주행을 돕고 있다. 신월여의지하도로 개통이 주변 교통에 미치는 영향에 대해서도 분석했다. 개통 후 신월IC, 여의대로, 올림픽대로 등 진출입로 부근의 기존 교통체계와 입출구부 문제점에 대한 개선대책을 수립하기 위해 지속적으로 교통상황을 모니터링하고 있다.

국내 최초의 3층 도로

신월여의지하도로 위로 차로가 2개가 더 있다는 것도 특징이다. 신월여의지하도로 위에 현재 국회대로 지하차도 공사가 진행 중이다. 신월나들목~목동종합운동장을 연결하는 왕복 4차로, 총 연장

“정차 없이 통행로 자동부과하는 스마트톨링시스템과 터널 공기정화 바이패스방식 도입”

4.1km인 ‘국회대로 지하차도’는 2024년까지 조성될 예정이다. 지상부는 광화문광장의 5배인 약 11만㎡의 대규모 친환경 선형공원과 1~2차로의 생활도로가 2025년까지 조성된다. 가장 아래 신월여의지하차도가 지하 2층이라면 지하1층에는 국회대로 지하차도가 생기고, 지상 1층에는 공원과 차로로 재탄생한다. 2025년 지상부 도로공사가 마무리되면 삼중으로 가는 길이 생기는 셈인데, 이런 형태는 국내에서 처음이다.

신월여의지하도로, 대형차 착오진입 방지대책 강화

신월여의지하도로 개통 이후 중·대형차들의 무리한 진입으로 인해 개통 후 현재까지 약 20건의 착오진입으로 안전사고가 발생하였다. 서울시는 사고발생을 막기 위해 신호수, VMS 차량, 현수막 등 진입차단 안내를 실시하고, 진입차단막 및 에어벌룬 입간판과 통과높이제한 일반표지판 설치 등 대형차 착오진입 방지시설물을 보강하였다. 차량높이 3m 초과 중·대형차 진입차량 운전자에 대해서는 관련법에 따라 과태료 부과 대상이다. 신월여의지하도로는 서울 서남권과 도심을 연결하는 국내 최초 대심도 지하도로로 중소형차의 교통편의를 위해 개통됐다. 대형차의 무리한 진입은 시설물 파손과 안전사고로 이어질 수 있는 만큼 운전자의 준수가 필요하다. 🇰🇷

공사개요	
위치	양천구 신월동(신월IC) ~ 영등포구 여의도동(여의대로, 올림픽대로)
규모	왕복 4차로, 연장 7.53km(소형차 전용)
공사기간	2015. 10. ~ 2021. 4.
총사업비	7,131억 원(시비 1,096억 원, 민간자본 6,035억 원)
시행자	서울터널㈜ (seoutunnel.co.kr)
사진과 자료를 제공해준 서울특별시와 서울터널주식회사에 깊이 감사드립니다.	



수도권 제2순환고속도로 노선 - 봉담~송산 고속도로 개통 -



봉담~송산간 고속도로 개통

봉담~송산 고속도로는 경기 화성시 마도면 쌍송리에서 화성시 봉담읍 분천리를 연결하는 왕복 4차로 도로로 총 연장은 18.3km이다. 지난 2017년 4월 착공 이후 총 투자비 약 1조 3,250억 원을 투입하여 4년 만에 개통하게 되었다. 이번 노선은 수도권 제2순환고속도로의 경기 서남부지역 단절구간을 연결하고 평택시흥고속도로(마도JCT), 서해안고속도로(팔탄JCT), 동탄봉담고속도로(화



성JCT)를 이어주는 노선이다. 통행료는 소형차 기준 모든 구간을 주행할 때 2,300원이다. 평균적으로 5년 소요되는 민자고속도로 건설사업 중 최단기간 개통하였으며, 이를 통해 수도권 제2순환 고속도로망 구축에 한 발짝 다가갈 수 있게 되었다.

수도권 서남부 지역 교통여건 개선

해당 노선은 남북축인 평택~시흥선, 서해안선을 동서로 연결하여 동탄~봉담선까지 이어줌으로써 남북축 위주의 고속도로 간선망을 보완해 수도권 접근성을 크게 개선하였으며, 경기 서남부지역의 동서간 이동편의성을 획기적으로 개선하였다. 또한, 화성지역의 동서축 연결도로(국도·지방도)의 출·퇴근 상습 지·정체를 해소 할 뿐만 아니라 고속도로 진입을 위해 지방도로 이동하던 대형물류차량들의 감소로 교통흐름이 한결 여유로워 질 것으로 예상된다. 경기 서남부 지역은 수도권 물류수송을 위한 화물차 통행량이 가장 많은 지역으로 교통흐름이 원활해져 연간 약 843억 원의 물류비용이 절감될 것으로 예상 된다. 또한, 주변 도시의 접근성이 크게 개선되어 동탄신도시, 송산그린시티, 남양뉴타운, 화성마도산단 등 화성시 주변의 대규모 택지 및 산업단지에서 발생하는 추가 교통 수요를 효율적으로 처리할 것으로 기대된다.

사고 위험구간 관리에 노력

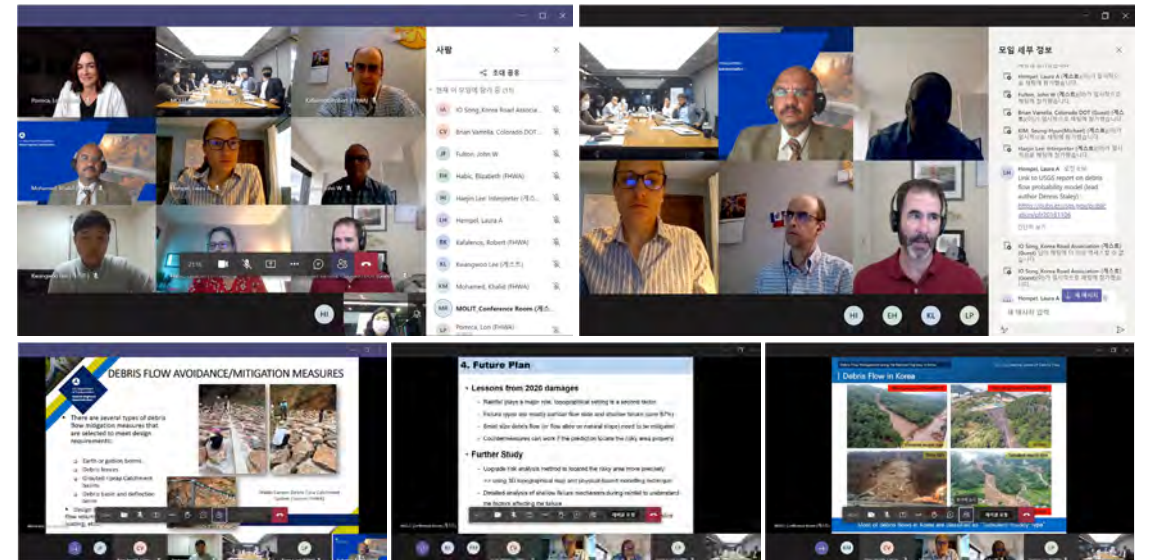
개통 초기 위험구간 관리를 위해 도로교통공단의 특수차량(TSCV, Traffic Safety Checking Vehicle)을 이용한 교통안전 합동점검을 실시하였으며, 고정식·이동식 카메라 4개소 등 과속단속장비 확충에도 노력하였다. 주요 나들목, 영업소, 터널입구 등 제설취약 구간에 원격조정 자동염수분사시설(8개소)을 설치하는 한편, 터널 출구부 RWIS(도로기상정보시스템)시설을 구축하여 기상상황 및 도로노면 정보를 전광판에 사전 안내토록 하였다. 아울러, 원톨링시스템(무정차 통행료 납부시스템) 도입으로 재정고속도로와 주변 민자고속도

한·미 도로협력 전문가 토석류 경감 주제 웹세미나 개최

송이오 | 한국도로협회 국제도로센터 과장



2021년도 제1차 한·미 도로협력 전문가 웹세미나가 5월 28일 오전 8시 코너스톤스페이스 화상회의실에서 개최되었다. 한·미 도로협력회의와 더불어, 양국 전문가들이 모여 도로분야 주요 현안을 깊이 있게 논의하는 본 세미나는 최근 전 세계 인프라 자산관리에 막대한 영향을 끼치고 있는 기후변화와 이에 대응하기 위한 교통 회복성(transport resilience) 확보에 대해 논의를 이어가고 있다. 특히 이번 1차 세미나에서는 2011년 7월 우면산 산사태로 국내에서 큰 관심을 갖게 된 토석류(debris flow)¹⁾ 재해 경감 방안이 양국 전문가들의 논의가 집중되었다.



한국 측은 국토교통부, 한국건설기술연구원, 한국도로공사, 한국도로협회, 지방협회가 참가하였으며, 미국 측은 연방도로청(FHWA), 미국지질조사국(USGS), 콜로라도 교통청(CO DOT)의 전문가 15명이 참가하였다. 주요 어젠다로 고속국도, 일반국도의 토석류 관리와 그 효과 평가, 토석류 모니터링, 산불 영향에 의한 토석류 관리 액션플랜 등의 내용을 상호 교환하였으며, 질의응답을 통해 양국 간 토석류 관리 현안과 그 해결방안 등에 대하여 활발한 토론을 진행하였다.

2016년도부터 지금까지 계속된 양국 전문가 간 교류에 대한 소해를 밝히며 발표를 시작한 미국 연방도로청(FHWA) 교량·구조물국 Khalid Mohamed 선임지반기술관은 기후변화 회복성을 고려한 토석류 경감 및 모니터링 접근법에 대해 소개하였다. 특히 산불 이후 집중호우로 인해 발생하는 토석류와 관련하여 미국지질조사국(USGS)과 콜로라도 교통청(DOT)의 관련 프로그램 추진배경과 간단한 현황에 대해 설명하였다.

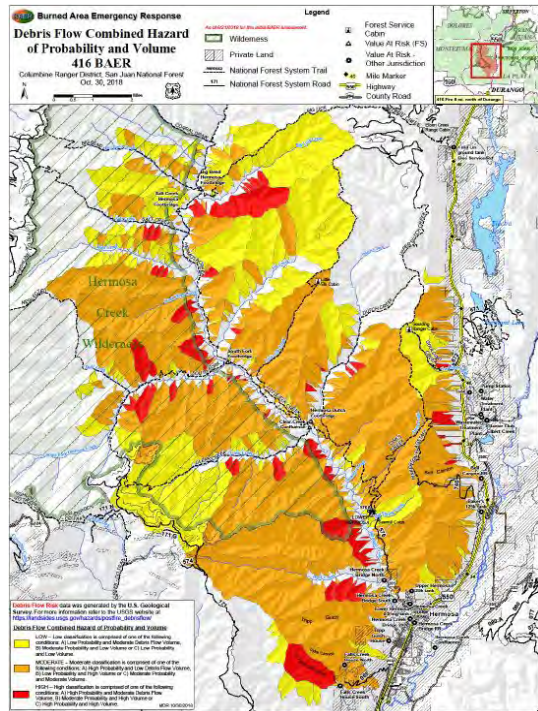
콜로라도 교통청의 Brian Varrella 현장 엔지니어는 산불이 빈번한 콜로라도의 환경을 소개하며, 산불 후 토석류를 미리 예측하고 선제적으로 대응하기 위한 주(州) 교통청 차원의 노력에 대해 발표하였다. 특히 산불 진화 후 연방·주정부 합동 전문가 조사단의 현장조사 결과를 담은 BAER 보고서(Burned Area Emergency Response Report, 미 산림청 발간)를 적극적으로 활용하여 액션플랜을 수립·실행한다고 설명했다.

1) 산지 또는 계곡에서 토석, 나무 등이 물과 섞여 빠른 속도로 유출되는 것

미국지질조사국의 John Fulton(수문학 엔지니어)과 Laura Hempel(수문학자)은 산불로 인한 토질 및 유수 패턴 변화로 토석류가 급증하는 현상을 설명하며, 산불 후 의사결정 관계자들을 위한 현장 수문학 정보 제공을 위한 홍수·토석류 계측 네트워크(Flood Network Operations) 개발 사례를 소개하였다. 미지질조사국(USGS), 콜로라도 주정부 및 교통청(DOT), 美해양대기청(NOAA), 美기상청(NWS), 기초 지자체 관련부서, 지역 수자원 관리 주체, 인프라 관리 주체, 해당 사유지 소유주 등 다양한 이해관계자들이 참여하여 네트워크에 기여하는 시스템을 구축함으로써 보다 빠르고 효과적인 의사결정이 가능하다는 점을 강조하였다.

한국도로공사 도로교통연구원 김정석 박사는 2013년도부터 2020년도까지 진행된 고속도로 토석류 경감 프로젝트의 효과에 대해 발표하였다. 이 기간 동안 고위험지역을 파악하여 정밀조사 시행 후, 총 310곳에 토석류 예방·완화사업을 시행하였으며, 2020년도 사업 종료와 함께 최장기 장마로 사업효과성을 확인할 기회가 주어졌다. 기존의 토석류 원인으로 지목되었던 지형적 요소(유역의 규모, 기존 토석류 발생여부, 비탈면 각도 등) 보다 강우(집중호우)가 더 중요한 요인으로 작용하였음을 알 수 있었으며, 향후 소규모의 얇은 토석류 매커니즘에 대한 연구가 더욱 필요하다고 강조하였다.

이어진 한국건설기술연구원의 김승현 도로관리통합센터장은 2020년 8월 전남 곡성군에서 발생한 토석류 산사태 사례의 사고 원인과 복구계획을 공유하였다. 장기간 이어진 집중호우로 인해 도로 선형 보안을 위해 적용된 보강토옹벽 지점으로 계곡부 및 도로부의 유수가 집중되어 큰 피해를 입은 본 사례는 계단식 옹벽 및 개비온옹벽을 추가 설치·폐압하고 주변 배수시설을 정비하여 복구할 예정이라며, 이 과정에서 활용한 ‘토석류 기초조사 체크리스트’도 공유하였다. 특히 산지가 많은 우리나라 지형적 특성으로 인해 국도 및 주변 산악지 관리주체가 달라 토석류 대처에 어려움이 많았음을 지적하며, 최근 국토부-산림청 협업에 대해서도 소개하였다.



BAER 보고서 중 토석류 위험 지도

양측의 발표 후 계속된 질의응답 및 토론에서도 2020년도 최장기 장마 기간 많은 토석류를 경험한 한국 측 전문가들에게 미국 측 전문가들의 질문이 쏟아졌다. 최근 한반도 강우 패턴 변화, 소규모 유역이나 마른 계곡에서 발생한 토석류 사례에 대한 원인과 예방·경감 방안, 식생밀도가 높은 지역에서의 UAV를 활용한 지표 모니터링 등에 대해 자세한 경험 공유와 함께, 토석류 모니터링을 위해 미국 측에서 활용되고 있는 센싱 기술에 대한 한국 측의 질문도 이어졌다. 양측 전문가들은 향후 서면, 이메일 등을 통하여 교류를 지속할 예정이며, 기후변화로 인해 위험이 나날이 증가하는 토석류를 보다 체계적으로 관리하기 위하여 양측의 경험과 기술을 계속해서 공유할 것을 약속하였다.

다음 한·미 도로협력 전문가 2차 세미나는 ‘교통 회복성 개선 프로젝트’를 주제로 오는 7월 13일(화) 개최될 예정이다. 

세미나 참가자 명단					
구분	번호	소속기관	성명	부서 및 직함	비고
한국	1	국토교통부	나웅진	도로관리과장	토론
	2	한국건설기술연구원	김승현	도로관리통합센터장	발표
	3		이광우	스마트시티연구센터 박사 후 연구원	토론
	4	한국도로공사	김경석	수석연구원	발표
	5		문기훈	수석연구원	토론
	6	사방협회	이진호	연구조사처 실장	토론
	7	한국도로협회	여인수	국제도로센터 실장	토론
	8		송이오	국제도로센터 과장	진행
미국	1	연방도로청 (FHWA)	Khalid Mohamed	교량·구조물국 선임지반기술관	발표
	2		Robert Kafalenos	자연환경국 환경보호전문관	토론
	3		Elizabeth Habic	자연환경국 환경보호전문관	토론
	4		Lori Porreca	국제협력실 국제협력담당관	사회
	5	콜로라도주 교통청 (CO DOT)	Brian Varrella	현장 상주 엔지니어	발표
	6	미국지질조사국 (USGS)	John Fulton	수문학 엔지니어	발표
	7		Laura Hempel	수문학자	발표

NEW BOOKS & PRODUCTS

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



도로터널 내화 지침 제정

국토교통부가 도로터널 내화지침을 발간했다. 지침은 도로터널에서 발생할 수 있는 차량화재 등으로 인한 터널의 손상과 붕괴를 예방하기 위한 도로터널의 내화 기준을 규정하고 있다. 제정된 책자에는 총칙, 터널의 한계온도, 터널의 내화, 터널의 내화공법, 터널의 내화시험 등이 담겨있다. 지침은 국토교통부 홈페이지에서 다운로드 받을 수 있다.

(출처: 국토교통부)



울산시 2021년 건설공사 설계지침서 발간

울산시가 각종 공공 건설사업의 발주 시 필요한 2021년 건설공사 설계지침을 발간했다. 이번에 발간한 설계지침은 설계 적용기준, 설계서 작성요령, 원가계산서 작성요령 등 주요 설계관련 규정과 변경된 건설공사 표준품셈규정을 담고 있다. 특히 국민권익위원회의 제도개선 권고 사항인 지역 중소건설업체 권익보호 방안으로 소규모 관급공사의 공사비 현실화를 위한 '소규모 건설공사 설계기준'을 마련·시행하여 그동안 소규모 건설공사의 대한 설계기준이 없어서 저가·과소 설계 관행을 개선토록 하였다. 지침서는 울산광역시 홈페이지에서 다운로드 받을 수 있다.

(출처: 울산광역시)



도로 및 보수현황 조사 지침 제정

국토교통부가 도로 및 보수현황 조사 지침을 제정 발간했다. 지침은 도로분야 주요 기초자료인 '도로 및 보수 현황' 통계의 조사, 입력, 검증, 제공의 효율적 수행과 신속하고 정확한 통계 공표를 위한 것이다. 제정된 지침에는 도로관리청이 시행하는 도로현황과 도로보수현황 조사 업무에 필요한 세부사항, 도로현황·도로보수현황의 조사, 입력 주제, 도로현황·도로보수현황의 조사 시기, 대상, 기준 및 방법, 도로현황·도로보수현황 조사 자료의 입력 방법 등을 담고 있다. 지침은 국토교통부 홈페이지에서 다운로드 받을 수 있다.

(출처: 국토교통부)

R&D ISSUE

도로와 관련된 신규 R&D 과제를 소개하는 콘텐츠입니다. 아래에 소개한 연구 및 용역은 입찰이 진행 중이거나 과업이 진행 중인 과제이며, 해당기관에 따라 과제 내용이 변경되거나 중단된 과제일 수 있습니다. 자세한 내용은 해당 기관에 문의하시기 바랍니다.

도로법·사도법 해설서 발간

공고기관 국토교통부 도로정책과 (국토교통부 제2021-824호)

과업 내용 - 도로 및 사도의 개설, 관리, 이용 등과 관련하여 법률 규정에 대한 이해 부족으로 국민들뿐만 아니라 일선 행정 실무자들도 혼란을 겪는 경우가 많음
- 도로법 해설서는 2014년 도로법 전면개정 이후 6년 동안 관련 법령의 개정 및 다양한 적용 사례, 민원 쟁점이 추가되어 새로운 해설서 제공이 필요한 시점
- 사도법은 1962년 제정 이후 일부 개정(5회)만 있었을 뿐이며, 국민과 행정공무원에 대한 이해의 제고와 안내를 제공할 수 있는 해설 자료가 없는 실정

건설금융 혁신방안 연구

공고기관 국토교통부 건설정책과 (국토교통부 제2021-799호)

과업 내용 - 민간 PF 사업 등에서는 건설사의 금융주선 역량이 개발사업의 성패를 좌우하고, 공공사업도 민간 자본을 활용한 방식 확대
- 해외건설도 투자개발형 사업 등 금융패키지형 프로젝트 사업이 증가하면서 수주를 위해서는 시공자의 금융조달이 필수적
- 원활한 자금조달 지원을 통해 건설산업의 선진화와 국내외 경쟁력 제고를 도모하기 위해 건설금융의 혁신 필요

기후변화에 따른 시설물 안전관리체계 개선방안 연구

공고기관 국토교통부 시설안전과 (국토교통부 제2021-532호)

과업 내용 - 기록적인 폭우 및 잦은 태풍으로 극심한 기후환경 변화에 능동적으로 대응하고자 시설물안전관리 제도 등의 검토가 필요
- 현행 시설물안전법은 낮은 D·E등급 시설물에 대해 보수·보강하도록 의무화하지 않고 사용제한 없이 방치됨에 따라 기후변화를 감안한 시설물의 안전점검 기준보완 필요
- 기후변화 영향을 반영한 시설물별 영향요인을 분석하여 시설물 안전관리 체계를 개선하며, 이를 토대로 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 부분 개정

원톨링 사회적 편익 분석 및 고객만족도 조사 용역

공고기관 한국도로공사 (국토교통부 2021-00705)

과업 내용 - 2016년 11월 개통된 민자도로 무정차 통행료 시스템은 도로 이용자의 편의향상을 위한 교통·물류 부문 공공정책
- 지난 5년간의 운영에 따른 사회적 편익 분석으로 정책효과를 검증하고, 이용자 대상 만족도 조사를 통해 보완·개선사항을 발굴
- 중장기 발전방안을 수립·추진함으로써 편리하고 효율적인 교통·물류 공익서비스로서의 지속발전을 도모

도로시설기준 비교 연구

공고기관 한국도로공사 (국토교통부 2021-00700)

과업 내용 - 남북도로 연결 및 현대화 사업은 남북이 공동으로 설계하고 공동으로 시공하는 것으로 합의함에 따라 남북 도로사업에 적용할 시설기준에 관한 연구 필요
- 여건 조성 시 정부정책 지원, 복측과 협의 등 원활한 사업추진을 위한 사전준비 필요
- 남북도로사업의 원활한 사업 추진을 위해 남북도로 시설기준 적용 방안(안) 검토
- 도로 주요 구조부인 교량 및 포장에 대하여 남북 시설기준을 각각 적용한 표본설계 검토

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

터널을 한 번에 뚫는 기계
두더지 TBM

어떻게 하면 안전하고 빠르게 터널을 만들 수 있을까?
터널굴착기계 TBM(Tunnel Boring Machine) 개발
TBM은 일명 두더지 머신!
세상에서 가장 터널을 잘 만드는 기계 TBM!
지반침하 염려 없고 지상 건물 모두 안전한 TBM!



출처 : 국토교통부 공식 유튜브
주소 : <https://www.youtube.com/watch?v=9Xytj1gMtYA>

대한민국 교량
7가지 재미난 사실들

교량 강대국 대한민국!
대한민국에 교량만 33,000개가 넘고!
교량건설 기술은 세계 최고 수준!
대한민국 엔지니어 화이팅!



출처 : 엔지니어링TV 공식 유튜브
주소 : <https://www.youtube.com/watch?v=FYPXjrt0yYQ>

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, 회원사, 전문기업 등 도로산업 전 분야 배포
 - 주요 발주처 관계자, 정책 결정자 다수 독자층 확보
 - 온라인 뉴스레터 발간 및 홈페이지 업로드로 광고효과 추가 노출

배포처

단체 및 개인회원	도로교통협회	한국도로공사 등 공공기관
PIARC, REAAA 국내 회원	국토관리청 및 사무소	도로교통박물관 참가기업
협회 각종위원	지자체 도로관련 부서	유관 학 · 협회
도로관련 교수	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 홍보* KROAD 뉴스레터 발행 시 홍보*

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

* (분기)협회지 뉴스레터 발행, (매월)KROAD 뉴스레터 발행(관공서, 언론 등 도로동향 정보 제공)
** 도로교통 분야 산업체의 신기술 이용 정착 및 활성화를 위하여 협회 홈페이지에 회원사 홍보관 구축
(회사 상세정보 및 보유기술, 사진/동영상, 홍보자료 등 업로드 이용 가능, www.kroad.or.kr)

지면제작

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

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

ROTREX 2021

2021도로교통박람회

INTERNATIONAL ROAD & TRAFFIC EXPO

2021.11.10(수)~11.12(금) KINTEX

KCWI

건설인프라산업대전

도로교통박람회·한국국제건설기계전·아시아콘크리트엑스포

참가업체 모집중

동시개최
한국국제건설기계전
아시아콘크리트엑스포



주최·주관 한국도로협회 KINTEX

문의처 T. 02-3490-1022 F. 02-3490-1019 E. rotrex@kroad.or.kr

20년의 고객 신뢰와
끊임없는 기술개발로
새로운 미래를 여는

(주)하이콘엔지니어링
Highcon Engineering Consultants

점음과 열정으로
창의성을 발휘하여
고객에게 믿음주는 기업

