정책과 기술 01

PSC오픈이노베이션 운영성과 및 향후 추진 방향

송상영 | 서울시설공단 도로관리본부장
차범진 | 서울시설공단 기술혁신센터장
이주헌 | 서울시설공단 기술혁신센터 기술혁신팀장
김상아 | 서울시설공단 기술혁신센터 기술혁신팀 차장

1. PSC오픈이노베이션 추진배경 및 목적

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

이에 서울시설공단은 2019년 조성일 이사장 취임 후 공공기관 최초로 소통 플랫폼의 일환인 PSC오픈이노베이션을 추진해오고 있다. PSC오픈이노베이션은 그간 다른 기업들의 오픈이노베이션 방식이었던 아이디어나 기술의 외부 조달 목적이 아닌 보직과 부서에 얽매이지 않고 누구나 의견을 제시하고 토론할 수 있는 플랫폼 개념으로, 충분한 사전 문헌조사를 통해 정보를 공유하고 내 · 외부 전문가들이 모여 토론함으로써 집단지성을 이용하여 효율적인 결과를 도출해내고 있다. 동시에 이 모든 과정을 공개하고 공유하여 공공기관의 폐쇄적인 구조를 탈피하고 사회적 가치실현과 공공성 강화를 위해 노력하고 있다.

미국 Lake View Drive교 붕괴
정른천고가교 외부텐던손상 발견
이탈리아 Morandi교 붕괴
청담1교 내부텐던손상 발견

2. PSC오픈이노베이션 이력

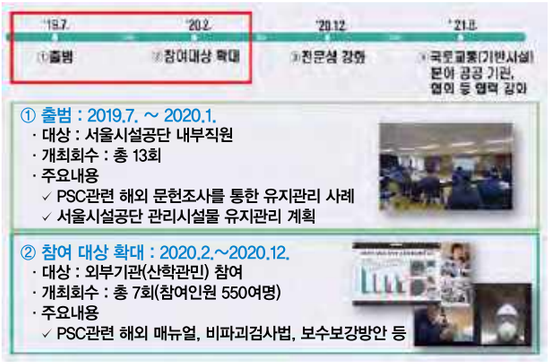
PSC오픈이노베이션의 2019년 7월 출범부터 2020년 초까지는 수십 년 앞서서 PSC기술을 적용한 해외사례 조사를 통해 우리나라에 적용 가능한 기술들을 발굴하였으며, 서울시설공단 내부 직원들을 대상으로 토론한 후 현장에 적용할 수 있는 기술들을 발굴하였다. 2020년에는 산 · 학 · 관 · 민으로 대상을 확대하여 PSC기술과 현황에 대한 사회적 경각심을 가질 수 있는 계기를 마련하였고, 이후 2020년 12월 국내 교량 및 구조분야 대표 학회인 한국교량및구조공학회와 PSC오픈이노베이션 공동개최를 협약함으로써 더욱 내실 있는 토론을 진행할 수 있게 되었다. 더 나아가 2021년 8월부터는 한국도로공사와 국토안전관리원 등 도로분야 공공기관, 대학, 학회, 협회 등 협력을 통해 노후 인프라에 대한 사회적 인식 확대 및 PSC 교량 유지관리 개선 연구의 내실화를 이끌어내고자 노력하였다.

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

3. PSC오픈이노베이션 추진내용

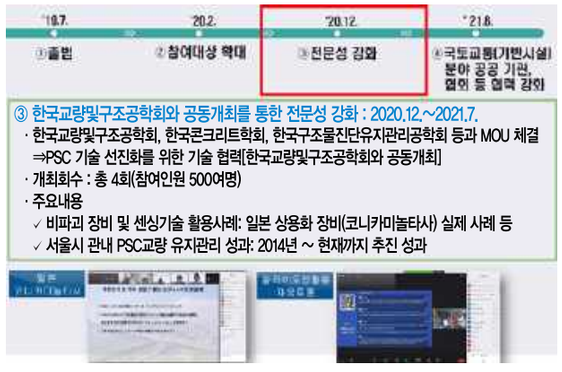
PSC오픈이노베이션은 2019년 7월 출범 후 2020년 1월까지 서울시설공단 내부 직원들을 대상으로 총 13회에 걸친 PSC기술 관련 해외 문헌조사를 통해 유지관리 사례를 학습하였으며, 공단이 관리하는 시설물의 유지관리에 적용하였다.

2020년 2월부터 12월까지는 산 · 학 · 관 · 민으로 대상을 확대하여 총 7회 약 550여 명의 인원이 오픈이노베이션에 참여하였다. 특히, PSC 관련 외부 전문가들과 함께 해외 매뉴얼, 비파괴 검사법, 보수보강 방안 등에 대해 토론하고 다양한 결과를 도출해내는 등 우리나라가 나아가야할 시설물 유지관리의 방향성을 제시하는 계기가 되었다.

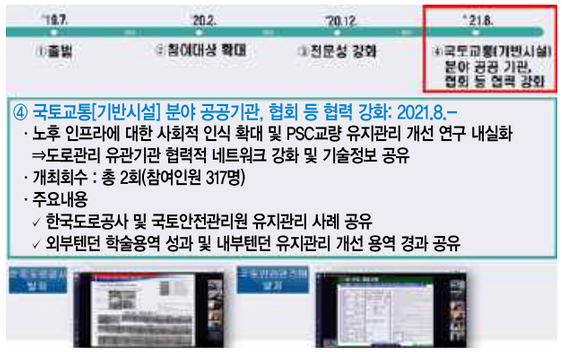


2020년 12월부터 2021년 7월까지는 한국교량및구조공학회와 총 4회 공동 개최하였으며, 550여 명의 전문가와 기술 사례를 공유하는 등 내실화를 꾀하였다. 특히, 해외 비파괴검사 장비 및 센싱 기술 활용사례를 공유하고 서울시설공단에서 수행해왔던 그간의 PSC유지관리 성과를 공유하는 등 PSC기술 선진화를 위해 노력하였다.

2021년 8월부터 12월까지는 한국도로공사와 국토안전관리원 등 공공기관, 학 · 협회 등 협력을 통해 노후 인프라에 대한 사회적 인식 확대 및 PSC



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



4. PSC오픈이노베이션 발제 주제

초창기(2019년) PSC오픈이노베이션은 PSC의 기본 개념, 유지관리 사례 등 국내 · 외 문헌 자료를 수집하고 분석하는 것에 초점을 뒀으며, 2020년부터는 그동안 서울시설공단에서 성과를 낸 외부텐던 관련 학술용역[1] 결과와 내부텐던 관련 현안을 중심의 주제들을 다루었다.

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

2021년부터는 한국도로공사, 국토안전관리원 등 도로 시설물 유지관리 기관들이 직접 경험한 사례를 발제하였다. 그동안 접근이 어려웠던 공공기관의 정보를 담당 전문가의 설명과 함께 토론을 진행하였다는데 의미가 있으며, 같은 관심사를 가진 주체들의 토론이 노후 인프라 유지관리 기술성장에 중요한 부분이기 때문에 2022년에도 더욱 충실한 발제주제 선정을 위해 노력하고 있다.

PSC오픈이노베이션은 2019년부터 2021년까지 총 26회를 거치면서 60개의 주제를 발제하였다. 전체 참여인원은 약 2,000여 명에 달하고 외부전문가도 약 650여 명이 참여하여 서울시설공단의 PSC오픈이노베이션이 시설물 유지관리 분야의 새로운 패러다임으로 정착하였다.

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

5. 실제 추진 사례 및 과정

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

그러나 내부텐던 분야에서는 정확한 관리 지침이 없어 혼란이 가중되고 있던 중에 PSCI 거더교인 청담1교에서 내부텐던 부식에 의한 콘크리트 박락이 발생하였다. 이후 우리 공단은 그동안 점검이 불가능하다고 인식되어 온 내부텐던의 점검과 천공구 복구를 PSC오픈이노베이션을 통해 성공적으로 완료하게 되었다. 또한 국내 최초로 정릉천고가교, 두모교, 노량대교 등 공용 중인 PSC 박스거더교의 내부텐던 현황을 조사하고 유지관리 개선 방안[2]을 마련하고 있다.

국내 최초 공용교량 내부텐던 미파괴 조사

PSC박스거더교 내부텐던 유지관리 개선 용역 추진

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

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

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

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

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

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

④ 마지막은 외부에 공개하고 공유하는 절차로, 모든 오픈이노베이션 진행 녹화본 및 관련 자료들을 유튜브[3]와 홈페이지[4]에 공개함으로써 내부 직원들의 전문역량을 축적함과 동시에 모든 경험과 지혜를 내부 자산으로 머물게 하지 않고 외부에 공개하여 확산시킴으로써 공공성 강화를 위해 많은 노력을 하고 있다.

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

PSC박스거더교 내부텐던 유지관리 개선 용역 수행	PSC일반거더교 내부텐던 건전성 조사 및 복구	인공지능기반 시설물 스마트 모니터링 체계 구축

6. 성과 및 향후 추진방향

PSC오픈이노베이션의 성과는 다음과 같다.

① 국내 최초 외부텐던 그라우트 주입보수 매뉴얼과 부식모니터링 시스템 개발 연구, 내부텐던 미파괴 조사 등의 해외 문헌조사 및 사례조사를 통해 현장실증을 지원하게 된 것으로 이는 청담1교의 내부텐던 손상을 조기 대처하고 홍제천고가교 및 원효대교북단교 등 내부텐던의 선제적 점검의 발판을 마련하는 계기가 되었다. 이러한 과정에서 수행했던 국내 · 외 문헌 및 사례조사를 통해 내부직원의 전문성을 강화시킴과 동시에 그간 상대적으로 안전하다고 인식되어온 PSC교량의 문제점들을 공개 토론함으로써 대내외에 노후 인프라에 대한 사회적 인식 확대의 계기를 마련한 것도 큰 성과로 볼 수 있다.

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

③ 국내 민간분야의 기술발전 및 제도개선에 기여하였다. PSC오픈이노베이션에서 발제한 유지관리 방안(점검, 모니터링, 보수 및 보강 등)에서 착안한 다양한 연구들이 진행되고 있으며, 또한 '시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 개정' 등 우리 공단의 PSC오픈이노베이션에서 출발한 제도개선 사항들이 꾸준히 제기되고 있다.

이러한 성과를 밑바탕으로 향후 추진방향으로는 도로 유지관리 공공기관, 대학, 학 · 협회 등과

3) 서울시설공단 기술공유센터(https://www.youtube.com/channel/UC7fxFrnXEonE2GlV6L-klKQ)
4) 서울시설공단/공단소개/알림마당/오픈이노베이션(https://www.sisul.or.kr/open_content/main/introduce/innovation.jsp)

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

7. 도로 인프라 관리 오픈 스퀘어 계획

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

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

8. 맺음말

우리 공단은 공공기관 최초로 도입한 'PSC오픈이노베이션'의 지금까지의 성과에 안주하지 않고 PSC분야를 넘어 도로 인프라 전반에 있어 특화된 경험과 노력을 통해 안전한 시설물을 유지하기 위해 최선을 다할 것이다. 또한 국민의 안전을 최우선 과제로 '도로 인프라 얼라이언스' 기관들과 힘을 합쳐 노후 인프라 수명 연장을 위한 국내 기술발전에 최선의 노력을 다 할 것이다.