

발 간 등 록 번 호

11-B552989-000347-01

2020 국토교통 R&D 우수성과 20선

혁신을
통한 미래 **선도**
환경과
사람을 위한 **기술**

2020 국토교통 R&D 대표성과 사례집



국토교통부 KAIA 국토교통
과학기술진흥원

국토교통과학기술진흥원
14066 경기도 안양시 동안구 시민대로 286 (관양동 1600) 송백빌딩 2-7, 9F
TEL 031-389-6313 FAX 031-382-6463



국토교통부

KAIA 국토교통
과학기술진흥원

2020 국토교통 R&D 대표성과 사례집

혁신을
통한 미래 **선도**

환경과
사람을 위한 **기술**





혁신을 통한 미래 선도

환경과 사람을 위한 기술

국민의 편안하고 활력 넘치는 일상을 위해 과학기술은 발전을 거듭해 오고 있습니다. 특히 국토교통과학기술은 주거, 건설, 교통, 물류, 관련 서비스 등 국민의 생활과 직접 맞닿아 있는 분야입니다. 국토교통과학기술진흥원은 국토교통 R&D 지원을 통해 국민이 공감하고 체감할 수 있는 성과가 창출될 수 있도록 노력하고 있습니다.

‘2020 국토교통 R&D 대표성과 사례집’은 국토교통 R&D를 통해 ’19년에 창출한 연구성과 중 국토교통과학기술을 대표할 수 있는 20선을 선정해 정리한 것입니다. 각 기술별로 ‘차세대 선도 및 기술자립화’, ‘친환경 국토’, ‘국민 안전·편의’등 세 분야로 나눠 성과를 소개하고 있습니다.

‘차세대 선도 및 기술자립화’는 지금보다 더욱 효율적이고 뛰어난 기술개발 및 사업화를 통해 세계 시장에서 기술 경쟁력을 확보할 수 있는 6개의 연구성과로 구성되어 있습니다. 특히 세계 최고 수준의 200년 가는 슈퍼 콘크리트, 세계 최초의 5G 상용 통신망 기반의 자율주행차 테스트베드 기술, 도심지 소단면 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 자립화 등은 기술 경쟁이 각국의 치열한 분야에서 우위를 선점하여 국가 위상을 향상할 수 있는 기술입니다.

‘친환경 국토’는 환경문제를 해결하고 친환경 국토 조성에 기여할 수 있는 6개의 연구성과로 구성되어 있습니다. 도시기반 폐자원 에너지화 복합플랜트 구축·운영기술은 도시 폐자원을 에너지로 재생산함으로써 환경부하를 최소화하는 친환경 기술입니다. 또 도로 미세먼지, 열섬현상 저감을 위한 IoT 기반의 친환경 물분사 시스템, 에너지 저감형 옥상녹화 유닛 일체화 시스템 등은 미세먼지, 지구 온난화 등 환경문제 해결에 기여할 수 있는 기술입니다.

‘국민 안전·편의’는 산업 안전과 국민 생활 편의를 향상시킬 8개의 연구성과로 구성되어 있습니다. 스마트시티 데이터 허브 활용 코로나 역학조사 지원시스템은 코로나-19 확진자의 경로를 파악하여 감염경로를 도출하고 전파 위험을 차단하는 기술입니다. 암반사면 스마트 유지관리를 위한 사면붕괴 예·경보 시스템은 IoT 센서를 활용하여 지반의 변화를 감지, 붕괴 위험을 예측함으로써 국민을 안전을 도모하는 기술입니다.

올해 선정된 20선 외에도 많은 우수한 성과가 있었습니다. 이는 연구진의 부단한 노력의 결과임을 잘 알고 있습니다. 수많은 어려움 속에서도 국민의 행복과 국토교통기술 발전을 위해 묵묵히 연구를 수행하는 국토교통과학기술인들에게 감사의 마음을 전합니다. 국토교통과학기술진흥원 역시 국토교통 R&D 발전 및 사회 문제를 해결하고, 국민의 행복을 위해 지속적으로 노력할 것을 약속드립니다.



혁신을 통한 미래 **선도** 환경과 사람을 위한 **기술**

CONTENTS

2020 국토교통 R&D 대표성과 사례집



- 010 도심지 소단면 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술
- 014 세계 최고 수준의 '200년 가는 슈퍼콘크리트' 기술 및 상용화
- 018 자율주행자동차의 미래를 열다, 자율주행 법제도 및 인프라 마련
- 022 효율적 지하공간 활용을 위한 복층터널 실규모 검증시설 구축
- 026 오일을 사용하지 않는 철도차량용 무급유 공기압축기 국산화 및 조기사업화
- 030 친환경 인공지능 건축 설계 솔루션 빌드잇



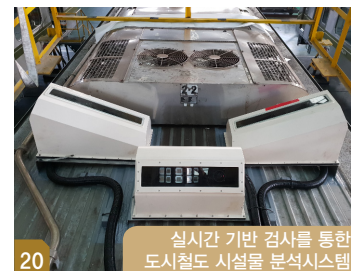
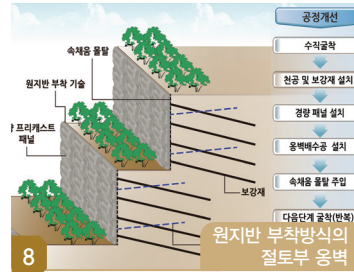
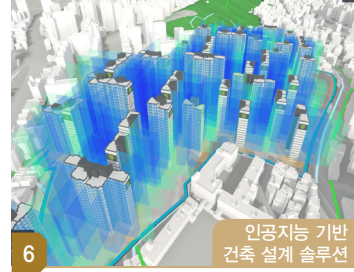
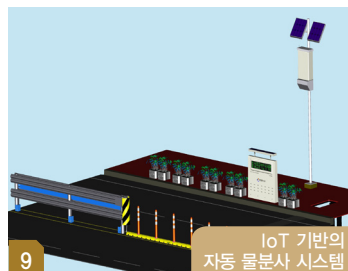
- 036 도시기반 폐자원 에너지화 복합플랜트 구축·운영기술 국산화
- 040 경량 프리캐스트 패널을 이용한 원지반 부착방식의 절토부 옹벽
- 044 도로 미세먼지, 열섬현상 저감을 위한 고정식 자동 물분사 시스템
- 048 에너지 저감형 옥상녹화 유닛 일체화 시스템 개발 및 상용화
- 052 표면분쇄기법을 이용한 중금속 오염토양 정화 플랜트 설계기술
- 056 현무암 폐기물 자원순환을 통한 친환경 무기내화단열재



- 062 TTP 경사식 방파제 대체 직립방파제 회파블록 및 블록결속 기술
- 066 암반사면 스마트 유지관리를 위한 사면붕괴 예·경보 시스템
- 070 중소형 교량 효율적 유지관리를 위한 멀티스케일 모니터링 기술
- 074 도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로작업자 위험도 경감기술
- 078 스마트시티 데이터허브 활용 코로나 역학조사 지원시스템
- 083 도시철도 급전변전소 전자식 25kA 인출형 고체절연 개폐장치
- 086 고속철도 자갈궤도 급속경화 기술
- 090 도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템

2020 국토교통 R&D 대표 성과

- 1 도심지 소단면 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술
- 2 세계 최고 수준의 '200년 가는 슈퍼 콘크리트' 기술 및 상용화
- 3 자율주행자동차의 미래를 열다, 자율주행 법제도 및 인프라 마련
- 4 효율적 지하공간 활용을 위한 복층터널 실규모 검증시험 구축
- 5 오일을 사용하지 않는 철도차량용 무급유 공기압축기 국산화 및 조기사업화
- 6 친환경 인공지능 건축 설계 솔루션 빌드업
- 7 도시기반 폐자원 에너지화 복합플랜트 구축·운영기술 국산화
- 8 경량 프리캐스트 패널을 이용한 원지반 부착방식의 절토부 옹벽
- 9 도로 미세먼지, 열섬현상 저감을 위한 고정식 자동 물분사 시스템
- 10 에너지 저감형 옥상녹화 유닛 일체화 시스템 개발 및 상용화



- 11 표면분쇄기법을 이용한 중금속 오염토양 정화 플랜트 설계기술
- 12 제주도 현무암 산업부산물(석분슬러지) 활용 섬유제조 및 무기내화단열재 개발
- 13 TTP 경사식 방파제 대체 직립방파제 화파블록 및 블록결속 기술
- 14 암반사면 스마트 유지관리를 위한 사면 붕괴 예·경보 시스템
- 15 중소형 교량 효율적 유지관리를 위한 멀티스케일 모니터링 기술
- 16 도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로 작업자 위험도 경감기술
- 17 스마트시티 데이터허브 활용 코로나 역학조사 지원시스템
- 18 도시철도 급전변전소 전자식 25kA 인출형 고체절연 개폐장치
- 19 고속철도 자갈궤도 급속경화 기술
- 20 도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템





선도 및 자립화

혁신기술이 만드는 새로운 산업에서 우리는 새로운 가치를 발견할 것입니다.
꿈꾸던 가치를 실현하고 기술의 자립화를 지원하는 동반자로서
국토교통 R&D는 오늘도 함께 합니다.

SELF
DRIVING
SYSTEM

Encounter
with the future

Mr. Tongho Image Stock, Seoul, commenced with
producing digital image data to support a business
in 1992. He has been building outstanding
success in distributing various kind of collec-
tions from overseas countries to Korea and in
supplying our own collections to many countries
through around 40 related partners.

Mr. Tongho Image Stock, Seoul, commenced with
producing digital image data to support a business
in 1992.

Advanced & Independence

1. 도심지 소단면 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술
2. 세계 최고 수준의 '200년 가는 슈퍼콘크리트' 기술 및 상용화
3. 자율주행자동차의 미래를 열다, 자율주행 법제도 및 인프라 마련
4. 효율적 지하공간 활용을 위한 복층터널 실규모 검증시설 구축
5. 오일을 사용하지 않는 철도차량용 무급유 공기압축기 국산화 및 조기사업화
6. 친환경 인공지능 건축 설계 솔루션 빌드아웃

도심지 소단면($\Phi 3.5\text{m}$ 급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술

• 세부과제명	도심지 소단면($\Phi 3.5\text{m}$ 급) 터널식 공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발
• 연구기간	2015년 11월~2020년 5월
• 총연구비	26,931백만원
• 연구자	조계춘 (카이스트)

연구 배경

공동구는 전선로·통신선로·수도관·열수송관·중수도관·가스관·하수도관·쓰레기 수송관 등 다양한 지하 매설물을 공동 수용하여 도시 미관, 도로구조 보전, 교통의 원활한 소통, 효율적인 안전·유지관리 등을 수행하는 지하 시설물이다. 기존 도심지에는 단독구 또는 관로 위주의 각종 지하 매설물이 난립하여 새로운 공동구를 설치 및 적용 하기에 어려움이 많고, 이로 인한 잦은 개착 공사로 인해 경제적 손실과 함께 많은 민원이 발생한다. 또한 2018년 KT 아현지사 통신구 화재와 고양시 열수송관 파열사고 등 연이은 안전사고를 계기로 오랜 기간 전력, 통신, 가스, 상수도, 하수도 등 각종 생활기반시설이 무분별하게 매설되어 기존 도심지의 지하 시설물 관리 강화에 대한 필요성이 지속해서 제기되었다.



1) Tunnel Boring Machine

소단면 TBM¹⁾ 선단부 굴진 시험 장비

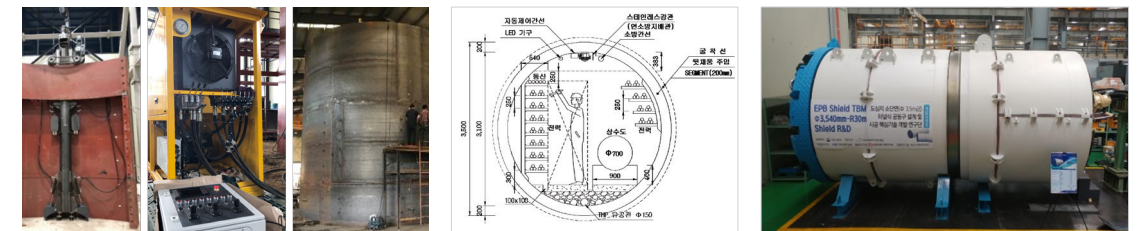
연구 목적

본 연구의 목표는 기존 도심지의 20m 심도 내외의 층적층 토사 및 암반 지반에 Shield TBM으로 시공될 단면 직경 3.5m급의 소단면 공동구와 단면 직경 6~8m급의 공동구용 수직구의 설계 및 시공에 필요한 핵심기술을 확보하는 것이었다.

주요 성과

공동구 설계용량 산정과 단면 최적화 및 글로벌 표준화 설계기술 개발

이미 설치된 개착식 공동구와 아직 시공되지 않은 터널식 공동구의 기본계획에 관한 절차를 제시하고, 공동구 내 수용 시설물의 최적 설계용량과 공사비 산정, 공정 관리를 통해 합리적인 공사를 진행할 수 있게 하였다. 또한 터널식 공동구 한계상태 기반설계 매뉴얼을 제안하여 공동구 구조물 설계기술의 국제 경쟁력을 마련하였고, 공동구 건설공사 안전 위험요소 및 단계별 저감 대책 리스트, 공동구 재해 발생 시나리오 및 건설공사 참여자별 행동 다이어그램 등의 안전 및 재해 대응 관련 세부지침을 제안하였다.



수직구 급속굴착 장비 시제품

터널식 공동구 (3종 시설물) 표준 단면도

TBM 급속(30m) 장치 시제품

터널식 공동구 굴진율 예측기법 및 급곡구간·특수지반 급속 시공기술 개발

터널식 공동구의 실·순굴진율 예측 정확도를 80%까지 향상시켜 공동구 적기사용에 따른 국민 편익을 증진하고, 지하 시설물 및 지장물을 회피할 수 있는 국내 최초 R=30m급 TBM 급곡구간 시공 장치와 특수지반을 효율적으로 통과할 수 있는 특수지반용 disk cutter 및 급속시공 매뉴얼 제안으로 시공 거리 및 공기 단축 등 기술적 진보를 이루었다.

공동구용 수직구 급속시공을 위한 저소음·무진동 시공 시스템 및 보강·차수 기술 개발

공동구 수직구 급속시공 시스템을 통해 기존 수직구 굴착 시 지반 안정성 및 지하수 유입 방지를 위해 설치하였던 가시설물을 배제할 수 있고, 1m/day의 높은 수직구 굴착 및 라이닝 시공 속도 확보로 공사 기간을 20% 단축하여 공사로 인한 교통혼잡비용을 50%를 줄일 수 있다. 또한 친환경 바이오 폴리머 차수재를 활용하여 시멘트 중금속 유해성 논란 및 그라우팅(grouting) 주입재 사용에 따른 지하수 오염을 최소화할 수 있다.



국내 최초 소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증 시설 구축

개발된 공동구 시공 기술들의 실대형 검증을 위한 국내 최초 소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증 시설을 구축하였다. 깊이 10m, 폭 10m, 전체 길이 36m 규모의 지하토조는 현장 모사지반 내 소단면 Shield TBM이 최대 15m까지 굴착할 수 있도록 구축되었고, 굴진 구간에서 지반 매질에 의한 압력 외 최대 2bar의 추가 구속압을 적용할 수 있도록 설계되었다. 국내 최초 소단면 TBM 선단부 굴진 시험장비는 부피 87.5m³의 토조박스를 통해 다양한 일축압축강도의 인공 암반을 모사할 수 있고, Shield TBM 장비에는 전진 및 후진을 위해 1,550mm 스트로크 및 2,000kn의 실린더 4개가 장착되어 있다.



소단면 터널식 공동구 실대형
성능검증 시설 전경



연구의 차별적 특징

공동구 설계 및 시공 핵심기술 확보 및 자립화

공동구 설계 및 시공 핵심기술 개발로 지하 복합 공간 시장 창출을 위한 기획·설계·시공·유지관리의 통합 기술 경쟁력을 확보하고, 위험요소 관리를 통한 시설물 안전, 유지관리 기술 및 재해 예방을 위한 선제적 대응체계를 구축하였다. 또한, 건설 프로세스의 지능화·효율화 및 건설기술 표준화에 기여하여 안전하고 경제적인 도심지 라이프라인 구축을 통해 쾌적한 도시 생활공간을 만들기 위한 핵심기술을 확보하였다.

도심지 공동구 급속시공을 통한 공기 단축 및 비용절감

R=30m급 TBM 급곡구간 시공 장치를 통한 지하시설물 및 지장물 회피, 특수지반 Shield TBM 급속시공 매뉴얼 및 특수지반용 disk cutter를 통한 공사 정지 시간(Downtime) 최소화, 공동구용 수직구 급속굴착(1m/day) 시스템으로 도심지 공동구 공기 및 공사비를 효과적으로 절감할 수 있고, 부지 점유기간을 줄여 교통혼잡비용 및 민원을 최소화할 수 있다.

공동구 시공기술 실대형 성능검증 기술 확보

소단면 터널식 공동구 실대형 성능검증 시설 구축을 통해 국내 최초로 TBM을 분리 및 해체할 필요 없이 현장에서 사용되는 상태 그대로 성능검증 실증실험이 가능하고, 사용한 TBM의 성능검증을 통해 적합한 현장에 재투입 함으로써 신규 TBM 제작비용이 절감되며, 예상치 못한 문제로 인한 공사기일 연장을 피할 수 있어 경제적인 공동구 시공이 가능하다. 또한, TBM 실대형 성능검증 시설을 TBM 운용교육장 및 기술검증 기관으로 활용하여 장기적으로 TBM 오퍼레이터와 전문인력을 양성할 수 있고 기술검증으로 TBM 기술발전 및 터널 시공 품질 향상에 기여할 수 있다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

공동구 설계용량 산정·단면 최적화 및 글로벌 표준화 설계기술 개발을 통해 국내 도심지 공동구 활성화에 기여하고, 국제표준화기구(ISO)에 부합하는 공동구 설계 기술력과 건설안전 관리 및 대응기술을 확보하였다. 터널식 공동구 굴진을 예측기법 및 급곡구간·특수지반 급속 시공기술 개발을 통해 도심지에 특화된 소단면 터널식 공동구 시공기술을 확보하고, 공동구용 수직구 급속시공 시스템을 통해 시공 속도 및 시공성을 대폭 향상하였다. 또한, 실대형 성능검증을 통해 공동구 및 수직구 시공기술의 현장 적용성 보완 및 실용화를 앞당길 수 있는 기반을 마련하였다.

2. 사회경제 부문

도심지 시공성이 향상된 공동구 설계 및 시공기술로 경제성을 확보하고 난개발에 따른 민원을 줄이는데 기여하였다. 또한, 공동구 시공 중에 발생할 수 있는 공기 지연 요인이나 안전사고 등의 문제를 선제적으로 차단하여, 결과적으로 급속시공을 통한 교통혼잡 축소, 공기 및 공사비 절감, 안전사고 예방 및 시공 장비 유지관리 비용 절감 등의 파급효과를 기대할 수 있다.

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 13건, 특허등록 26건

논문

SCI 12건, 일반학술지 39건



세계 최고 수준의 '200년 가는 슈퍼콘크리트' 기술 및 상용화

• 세부과제명	압축강도 80~180MPa급 맞춤형 슈퍼콘크리트 재료 및 구조물 기술 개발
• 연구기간	2013년 12월~2019년 12월
• 총연구비	31,398백만원
• 연구자	김병석 (한국건설기술연구원)

연구 배경

국가 경제에서 차지하는 비중이 매우 높은 국내 건설 부문의 침체가 장기화되면서 해외 건설시장이 유일한 돌파구로 부상하고 있다. 하지만 해외 시장에 진출한 국내 건설업체들은 가격 경쟁력은 중국에 밀리고, 기술력은 선진국에 비교해 열세인 상황이다. 이렇듯 기존 기술 분야에서 경쟁국을 제치고 비교 우위를 확보하기는 쉽지 않다.

전 세계 구조물의 80% 이상은 콘크리트를 사용한다. 가격 경쟁력과 기술성이 탁월한 혁신적인 콘크리트를 개발하고 이를 실용화한다면 해외 건설시장 진출의 발판이 될 수 있다. 이러한 판단 하에, 세계 최고수준을 목표로 진정한 퍼스트 무버를 지향하며 기술력과 경제성을 함께 갖는 슈퍼콘크리트라는 신재료를 만들고, 구조물로 활용하는 기술 개발을 추진하였다.



세계 최초의 UHPC(초고성능콘크리트) 건물인 울릉도 힐링스테이 리조트(2017)



연구 목적

국내 건설시장의 축소와 맞물려 국제적으로 비교 우위를 확보할 수 있는 세계 최고 수준의 (초)고성능 콘크리트 (슈퍼콘크리트)를 개발함으로써 국내 건설업체가 처해 있는 가격 경쟁력 위주의 한계를 극복하고 해외 건설시장 주도권을 확보하는 것이 필요하다. 일반 콘크리트에 비해 강도는 5배, 수명은 4배 향상하고, 제조비용(국외 대비) 50% 이상, 공사비 10% 이상 절감하는 등 슈퍼콘크리트 기술 개발로 국제 경쟁력을 확보하여 기술이전 및 사업화를 달성하고자 하였다.



주요 성과

고품질 · 가격 경쟁력 확보

나노실리카 등의 사용과 양생 과정에서의 반응 극대화를 통해 나노 크기의 반응 생성물을 다량으로 발생시켜 콘크리트 조직을 밀실하게 만들어 강도를 증진하고, 200년 이상의 내구수명을 확보하였다. 또한 사용재료의 국산화 · 최적화를 통해 고가의 강섬유와 고성능 감수제 사용량을 줄여 제조가격을 크게 절감시켰다.(국외대비 최대 50%수준)

설계 · 시공 기준 마련

구조물의 설계 · 시공을 위해서는 관련 기준이 필수적인데, 현재 90MPa 이상 재료에 대한 설계 · 시공 기준이 부재한 상황이다. 국가 기준이 요구하는 신뢰성을 확보할 수 있도록 이론 및 5,000개 이상의 다양한 시편과 구조부재의 실험적 검증을 거쳐 관련 기준을 마련하였으며, 해외 진출을 위해 영문판을 작성해 미국과 미얀마 교량 건설에 활용하였다.

현장 적용 맞춤형 부재 제작 · 타설 기술 개발

물처럼 흐르는 고유동성의 슈퍼콘크리트는 복잡한 비정형의 형상까지도 자유롭게 구현할 수 있는 장점이 있지만, 거푸집에 작용하는 압력이 일반 콘크리트에 비해 상대적으로 높아 일반 레미콘 시설에서는 바로 적용할 수 없는 어려움이 있었다. 이와 같은 문제를 이동식 제조 레미콘 시설과 사전 검증된 거푸집 시스템 제작으로 극복하였다.

건설 신재료 분야 퍼스트 무버(First Mover) 등극

세계 최고 수준의 압축강도 80~180MPa급 슈퍼콘크리트 재료 · 구조 기술을 개발하여 세계 시장을 선도하는 퍼스트 무버로 떠올랐다. 특히 ISO TC71 UHPC¹⁾(초고성능콘크리트) 부문의 Working Group 승인을 이끌었고 위원회(Subcommittee) 신설 추진과 ACF²⁾(아시아 콘크리트협회)의 UHPC 기준 제정에도 주도적 역할을 하는 등 관련 분야의 글로벌 리더로서 지위를 확보하였다.

1) Ultra High Performance Concrete

2) Asia Concrete Federation



세계가 인정한 비교 우위 기술 확보

기존 초고성능 콘크리트의 단점인 지나치게 큰 초기 수축량을 줄이고 동급 최대 인장강도를 확보하여 기술적 비교 우위를 확보하였다. 이를 통해 세계 최초의 UHPC 도로 사장교와 세계 최초의 UHPC 건물 건설 등의 실용화 성과를 달성하였다. (미 FHWA³⁾ 주관 제1회 국제 UHPC 혁신상 2개 부문 단독 수상)



세계 최초의 슈퍼콘크리트 도로 사장교인 춘천대교(2017)



미 FHWA 주관 국제 UHPC 혁신상 빌딩·인프라 부문 각각 단독 수상(2019)



세계 최장의 슈퍼콘크리트 도로 사장교인 교덕대교(2022 예정)



연구의 차별적 특징

세계 최초의 UHPC 교량

2017년 완공된 「춘천대교(레고랜드 진입교량)」는 세계 최초의 UHPC 도로 사장교로, 전 세계 전문가들로부터 주목을 받았다. 특히 제조와 품질관리가 까다로운 180MPa급 강도의 UHPC 재료를 사용해 교량 중에서 난이도가 가장 높은 사장교를 완공한 점이 높게 평가받고 있다.

세계 최초의 UHPC 건축물

「울릉도 힐링 스테이 코스모스 리조트」는 일반 콘크리트로는 구현이 불가능한 비정형의 셀 형상이다. 슈퍼콘크리트의 고유동성 및 고강도 특성을 활용하여 '세계 최초의 UHPC 건물'이라는 명성을 얻었으며 구조물의 아름다움과 혁신적인 기술로 세계적으로 찬사 받고 있다.

높은 가격 경쟁력

UHPC의 제조가격이 국외 대비 최대 50% 저렴한 혁신 콘크리트를 개발하였고 관련 설계·시공기준과 공사비 절감형 구조물 설계·시공기술을 제시하였다. 이를 통해, 기존 UHPC의 높은 가격 때문에 시장 진출에 어려움이 있었던 문제를 해결하게 되었다.

³⁾ Federal Highway Administration

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

세계 최초, 최고 수준의 80~180 MPa급 UHPC 재료 및 구조 기술 개발로 관련 분야 기술을 세계적으로 선도하고 있으며, 세계 최초로 UHPC 사장교와 셀 구조 건축물 건설 실적을 쌓아 국내 건설사의 해외 장대교량 및 건축물 건설 수주의 가능성을 제시했다. 슈퍼콘크리트의 고내구성·초고강도 장점으로 구조물 주요 부재의 수명 100% 이상 증진, 구조물 중량 30% 이상 감소, 공사비 10% 이상 절감, 탄소배출량 30% 이상 절감의 효과를 얻을 수 있다.

2. 사회경제 부문

저비용·고내구성의 슈퍼콘크리트 기술 적용으로 기존 구조물에 비해 초기 공사비를 절감하고, 사장교·건축구조 등 대형 구조물에 신기술을 발전적으로 적용한다면 세계적 건축물은 계속 확보할 수 있다. 물류 빌딩, 차도용 블록, 건축물 외장재, 모듈러 주택, 해양 구조물, 일반 구조물, 동물용 축사 및 스마트 애니팜 등에 대한 실용화 확대를 통해 국가 경제에 기여함과 동시에 국민들이 우리 기술에 대한 자부심을 증진시켜 건설에 대한 긍정적인 이미지를 가질 수 있을 것으로 기대된다.

주요연구 개발성과



기술사업화

3건, 매출액 130백만원 창출

기술이전

3건, 계약금액 150백만원 창출

지식재산권

특허출원 19건, 특허등록 34건, SW등록 10건

논문

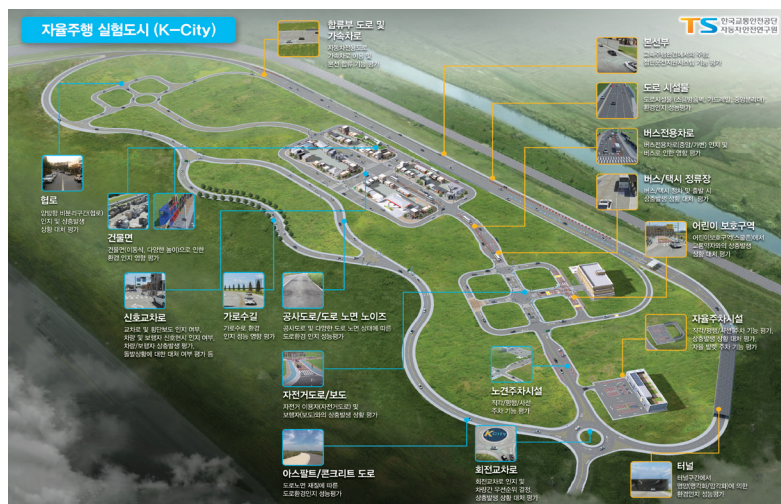
SCI 13건

자율주행 자동차의 미래를 열다, 자율주행 법제도 및 인프라 마련

• 세부과제명	자율주행 자동차 안전성 평가 기술 및 테스트베드 개발
• 연구기간	2016년 6월~2019년 6월
• 총연구비	10,330백만원
• 연구자	신재곤 (한국교통안전공단)

연구 배경

4차 산업혁명의 대표주자로 자율주행기술이 전 세계적으로 주목받고 있는 가운데 주요 선진국을 중심으로 자율주행 기술 우위를 선점하기 위해 관련 기술 개발에 총력을 기울이고 있다. 특히 자율주행차는 기존의 자동차와는 달리 교통사고를 크게 줄이고 차량 흐름을 원활하게 하여 교통사고 사상자 감소, 차량 정체로 인한 시간 및 비용 절감, 환경 문제 개선 등 많은 장점을 제공할 것으로 기대되고 있다. 이에 우리나라도 '2020년 자율주행기술 상용화 계획'을 수립 하였으며, 상용화를 위한 제도, 민간의 기술개발 지원 등을 위해 인프라 구축과 관련 제도 마련이 절실히 요구된다.



자율주행 자동차 테스트베드 조감도

연구 목적

자율주행기술은 운전자가 없거나 운전자의 개입이 최소화된 상태에서 운행되는 특성이 있기 때문에 사고의 위험성을 최소화하기 위해 안전한 환경에서 다양한 형태의 평가가 가능해야 한다. 이에 다양한 형태의 도로 환경을 구비하고 여러 가지 교통 환경을 임의로 만들 수 있는 안전한 평가환경, 즉 테스트베드를 구축하며 자율주행차의 안전성 여부를 확인하기 위한 평가기술을 개발하고 이를 제도화하는 것이 본 연구의 목적이다.

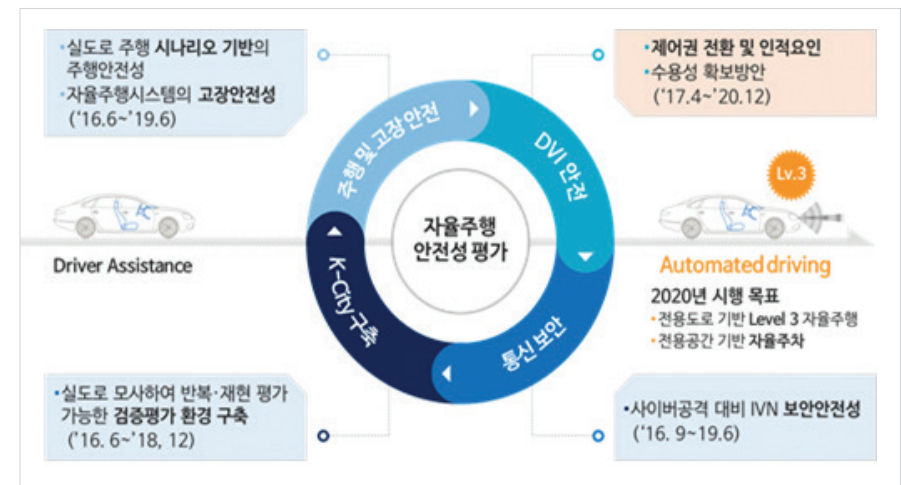
주요 성과

자율주행차 안전기준 세계 최초 제정·공포

자율주행차의 안전성 여부를 평가하고 확인하기 위한 평가 방법인 '레벨3 자율주행차 안전기준¹⁾'을 세계 최초로 제정·공포하여 시행(20.7) 중이며, 해당 기준을 자율주행차 기술개발 및 제작 등에 활용하도록 하여 안전성 향상을 유도하고 있다.

사이버보안 가이드라인 마련

자율주행차는 운전자가 없거나 개입이 최소화된 상태에서 운행되기 때문에 외부 해킹 등에 대한 보안장치 마련이 필수적이다. 이에 사이버보안 원칙, 차량에 대한 위협 및 완화 방안 등을 제시한 '자동차 내부통신 보안 안전성 평가 가이드라인²⁾'을 마련하였다.



자율주행 자동차의 4대 안전성

- 1) 자율주행차 정의, 단계별 기능 구분, 자율주행차 기능 및 성능에 관한 기준 제시
- 2) 신호 교차로, 횡단보도, 버스 승강장, 과속방지턱, 톨게이트 등의 평가항목 완비



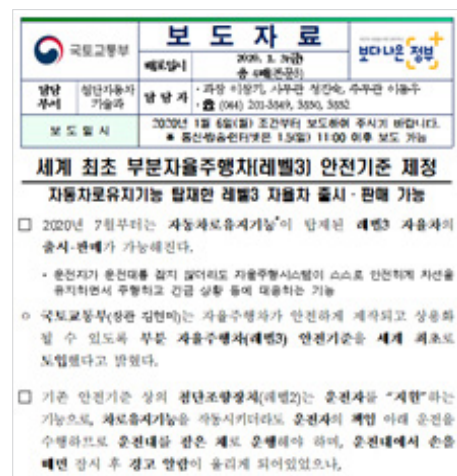
연구의 차별적 특징

세계 최초의 레벨3 자율주행차 안전기준 제정

국내 자율주행차의 개발 및 제작을 지원하고 판매될 자율주행차에 대한 안전성 여부를 확인하기 위한 평가기술 ‘레벨3 자율주행차 안전기준’을 세계 최초로 제정·공포하였다(19.12월).

자율주행차 테스트베드 중 세계 최대의 종합 평가환경³⁾ 제공

자율주행차 테스트베드는 시설의 크기뿐 아니라 얼마나 다양한 종류의 시험이 가능한지가 중요하다. K-City는 미국의 M-City(23개), 중국의 Nice City(17개), 영국의 MIRA(23개) 보다 많은 35개의 평가환경을 제공하고 있어 더욱 다양한 형태의 시험이 가능하다.



세계 최초의 자율주행 자동차 안전기준('19.12)



K-City 테스트베드 준공식

³⁾ 종합 평가 환경 : 신호 교차로, 횡단보도, 버스 승강장, 과속방지턱, 톨게이트 등의 평가항목 완비

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

K-City와 같은 테스트베드 구축에는 상당한 기술과 예산이 소요되어 민간이 직접 기술개발을 위한 시설을 구축하는 것은 매우 어려우나, 현재의 K-City는 국내 스타트업 및 중소기업, 국내 대학에 시설을 무상 제공함으로써 민간의 기술개발을 지원하여 개발 비용 절감 및 경쟁력 강화를 유도하고 있다. 아울러 K-City를 중심으로 반경 60km 이내에 자동차 제작사, 부품사 및 IT 기업, 통신사 등 자율주행차 관련 주요 산업이 한데 모여 있어 상호 협력이 용이하며, K-City 내 ‘자율주행차 데이터 공유센터’를 활용하여 자율주행 데이터를 상호 공유하는 등 연구개발 주체 간 네트워크 및 기술력 강화를 유도하고 있다.

2. 사회경제 부문

정부는 ‘선도국가로 도약하는 대한민국으로 대전환’이라는 목표로 ‘한국판 뉴딜 종합계획(20.7)’을 수립하였고, 디지털 뉴딜 분야에서 ‘레벨4 자율주행차 상용화 기술 개발’ 등의 계획을 발표하였다. 이는 해당 과제를 통해 개발된 ‘레벨 3 자율주행차 안전성 평가기술’ 및 ‘K-City 인프라’ 등을 활용하여 자율주행기술을 고도화하는데 기여할 것이며, 아울러 미래 산업의 먹거리와 일자리를 확대 제공할 것으로 기대된다.



2019 자율화 도입 준비지수
K-City의 우수성을 인정 받아
인프라부분 4위 선정

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 10건, 특허등록 9건, SW 등록 10건

논문

SCI 4건, 일반학술지 11건

시제품 제작

6건 제작



효율적 지하 공간 활용을 위한 복층터널 실규모 검증시설 구축

• 세부과제명	대심도 복층터널 설계 및 시공 기술 개발
• 연구기간	2014년 12월~2020년 6월
• 총연구비	25,508백만원
• 연구자	김창용 (한국건설기술연구원)

연구 배경

도시지역 차량정체가 심화되면서 교통문제와 미세먼지 등의 환경문제가 지속적으로 제기되고 있다. 선진국을 중심으로 지하 교통 인프라를 구축하고 있으나, 지하 공간 사용은 지상 공간에 미치는 악영향이 있어 사회적으로 우려가 큰 실정이다. 이에 터널을 여러 층으로 나누어 사용하는 복층터널은 기존 병렬 터널 대비 지상에 미치는 영향 범위를 줄여 안전한 지하 인프라 구축이 가능하도록 한다. 아울러 도로와 철도, 도로와 수로 등 다양한 시설물로 공간을 활용할 수 있어 중복투자를 방지하는 장점도 가진다. 국내의 경우 기술적, 제도적 한계로 시공이 어려운 점이 있어, 연구를 통해 기술적 한계를 극복하고 그 결과를 토대로 국내에 적합한 제도를 제안하여 복층터널 적용을 실현화할 수 있도록 하였다.



복층터널 구축 테스트베드 시범현장



연구 목적

지하 공간 활용 극대화를 통한 차량정체 해소 및 환경개선이 가능한 복층터널 구축 기술 연구를 수행하였다. 특히 지하 공간에 복잡하게 구성될 지하 교통 인프라를 고려하여 지하 내부에서 교차 등이 발생하는 네트워크에 대한 연구, 지상에 미치는 영향 최소화를 통한 안전성 확보 및 수로 등 다목적 활용을 통한 경제성 향상을 목표로 하였다.



주요 성과

안전한 중간슬래브 구축 기술 개발

복층터널의 핵심기술인 중간슬래브는 고강도 콘크리트와 강연선을 이용한 프리캐스트 형태로 개발되어 두께, 중량을 최소화하여 안전성과 시공성을 확보하였다. 특히 세계 최초로 중간슬래브 전용 가설장비(상향식 틸테이블 방식으로 시공 안전성 확보)를 개발하여 현장타설 공법(12m/day) 대비 5배 빠른 시공 속도(60m/day)를 보여줬다. 또한 정적, 동적 성능시험 결과 0.154g에 대응하는 붕괴방지 등급을 받았고, 최대 대형차 5차로 수준의 제작 기술을 인정받았다.

지하 네트워크 구축 기술 개발

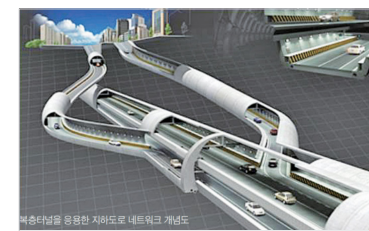
도로와 도로가 교차하는 지하 네트워크의 구축을 위해 기존 지하 인프라의 접속부에 대한 안전 시공 기술과 장비를 확보하였다. 또한 운영 중 환기, 방재에 대한 검토를 완료하여 네트워크 환기 기술 및 비상 상황 발생시 이용자의 안전한 피난 기술을 마련하였다.

도시지역 급속 시공 기술 개발

지하 교통 인프라는 대부분 도시지역을 대상으로 한다. 공사 중 지상 공간이 복잡해지는 피해를 최소화하기 위해 급속 시공기술을 개발하였다. 제작된 중간슬래브를 운반하여 급속 가설하는 기술, 하루 4m/day 시공이 가능한 수직구 시공기술, 굴착 버력의 급속 고화기술을 확보하여 지하 교통 인프라 구축 시 주변 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.



중간슬래브 구축 장비



복층터널 개념도



지하 인프라 운영 안전성 확보

도시지역 지하를 관통하는 지하도로의 안전성 확보를 위해 전주기(설계, 시공, 운영) 통합 관리 시스템을 개발하였다. 또한 화재 시 기존 소화전을 대체할 수 있는 원격자동소화시스템을 구축하여 신속한 대응이 가능하도록 하였다. 아울러 방재 시 낮은 층고를 고려한 화재 연기 확산 제어 및 배출을 원활하게 하여 이용자의 대피 시간을 확보할 수 있도록 하였다.



수직구 급속 시공 기술



원격 자동 소화설비

실규모 검증 시설 구축

대부분의 기술은 국내 최초로 개발된 기술로 실규모의 검증이 필요하였다. 이를 위해 한국건설기술연구원 연천 SOC통합센터 내 직경 14m급 실제 규모의 복층터널 검증시설을 구축하였다. 해당 검증시설을 통해 현재 개발된 기술의 검증이 완료되었고, 향후 안전 등을 위해 개발될 기술들의 검증까지 가능한 공간이 확보되었다.



연구의 차별적 특징

효율적인 지하 공간 활용

복층 터널은 하나의 터널을 두 층 이상으로 나누어 다양한 시설물(도로, 철도, 수로, 공동구 등)을 복합적으로 활용할 수 있는 구조물이다. 이는 지하화가 가속화될 경우에도 복잡한 지하 공간을 효율적으로 활용할 수 있는 최신 기술이다. 또한 시설물의 전환 사용이 가능하도록 구축되어 여름철에 집중호우 등에 대비한 구조물 구축 등으로 국고의 투입 비용을 최소화할 수 있을 것이다.

안전한 지하 공간 구축

최근 지하 교통 인프라 개발이 가속화되면서, 지상 공간의 안전성 문제가 사회적 이슈가 되고 있다. 복층터널은 병렬 터널 대비 지상 공간에 미치는 영향 범위를 줄일 수 있어 안전성을 확보할 수 있다. 지상 공간뿐 아니라 이미 운영 중인 지하철 같은 지하 인프라와의 교차 면적을 최소화한다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

국내 기술로 복층터널 자립 건설이 가능해지며, 선도국 대비 90% 수준까지 기술력을 확보하여 향후 베트남, 태국, 캄보디아 등 개발도상국을 중심으로 복층터널에 대한 기술(철도, 도로, 수로 등 다목적 활용)을 수출할 수 있다. 국내에서는 도로와 수로 등 다목적 활용을 통해 기후변화에 선제 대응할 수 있는 인프라를 구축할 수 있다. 특히, 환기와 방재 분야의 기술이 함께 개발되어 안전한 지하 공간의 운영이 가능하다.

2. 사회경제 부문

효율적인 지하 교통시설 계획 및 운영 기술 고도화로 교통혼잡비용은 30% 줄이고, 도심 접근 속도는 50% 개선할 수 있다. 또한 효율적인 지하 공간 활용과 급속시공 기술의 개발로 도시지역 공사 시 국가 예산을 절감할 수 있고, 민원 발생도 줄일 수 있다. 지하 교통 인프라의 구축 후 기존 지상 공간은 녹지로 활용 가능해 쾌적한 도시공간을 조성할 수 있다. 또한 기술 자립화로 복층터널 구축 시 기술 도입 등에 따른 국내 자본의 해외유출을 방지할 수 있다.

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 21건, 특허등록 27건, SW등록 11건

논문

SCI 13건

신기술지정

건설 신기술 1건

오일을 사용하지 않는 철도차량용 무급유 공기압축기 국산화 및 조기사업화

• 세부과제명	도시철도차량용 주공기압축기 모듈 개발 및 표준화 연구
• 연구기간	2020년 1월~2020년 11월
• 총연구비	4,656백만원
• 연구자	강성웅 (유진기공산업㈜)

연구 배경

철도차량 운영기관마다 차량의 종류와 주공기압축기 모듈의 구성이 다양하고 복잡하여 부품수급과 유지보수의 효율을 높이기 위해서는 이종 차량 간에 호환 사용이 가능하도록 주공기압축기 모듈의 표준화가 필요하다. 또한 기존에 주로 사용되고 있는 급유식 공기압축기에서는 오일 변색, 수분 발청, 공기압축기 내부 슬러지 발생, 오일의 누유 등 환경적인 문제가 존재하여 해외 선진국에서는 유지보수 측면에서 강점이 있는 무급유식(Oil free) 공기압축기의 보급이 주를 이루고 있다. 향후 국내에서도 친환경적이고 유지보수 측면에서 강점이 있는 무급유식(Oil free) 공기압축기가 시장을 선도할 것으로 예상된다.



무급유식(Oil free) 공기압축기

연구 목적

공기압축기의 토출 용량을 크게 1,000L/min, 1,200L/min, 1,600L/min 3가지 그룹으로 나누어 다양한 도시철도 운영기관의 서로 다른 이종 차량 간에 호환사용이 가능한 무급유식 주공기압축기의 표준모듈을 개발하고 시제품을 제작한다. 또한, 서울교통공사 서울 7호선에서 실제로 운용되고 있는 철도차량에 본 과제의 성과물을 장착하고 1년 이상 운행하여 국내 4계절 운영환경에서 제품의 신뢰성을 검증한다.

주요 성과

기존의 문제를 보완한 무급유식 공기압축기 개발

오일을 사용하지 않는 무급유식 공기압축기를 개발하여 부품 수, 고장요소, 정비요소가 줄어들고 기존에 4년이었던 중정비 주기를 8년으로 확대해 유지보수 비용을 절감하였다. 또한 진동 및 소음이 다수 발생하던 스크류 공기압축기를 피스톤 방식으로 교체하여 진동과 소음을 축소하였다.

표준규격서 도출 및 검/인증 체계 구축

국내 도시철도 차량의 공기압축기 적용 현황을 조사, 분석하고 해외 선진국의 공기압축기 모듈 적용의 사례조사 및 기술동향 벤치마킹을 통하여 개발하고자 하는 주공기압축기의 표준 용량과 모듈 구성품 및 배치 그리고 모듈 구성품의 표준 규격(안)을 제작하였다. 또한, 공인인증기관을 통한 개발품의 검/인증 체계를 구축하여 국내는 물론 해외에서도 통용될 수 있는 제품의 신뢰도를 확보하였다.

철도차량용 무급유식 주공기압축기를 국내 최초로 개발하여 실용화

국내에서 철도차량을 제작하는 3사(현대로템, 우진산전, 다원시스)에 공급 가능한 철도차량용 무급유 공기압축기 공기 토출량 1,000 L/min, 1,200 L/min, 1,600 L/min 표준화 모델을 개발하였다. 또한 신분당선 3단계 18량 전동차, 서울시 3호선 150량 전동차, 서울시 5,7호선 336량 전동차 등의 공급 계약을 체결하고 '19년도부터 현장에 보급하였다.



서울시 5,7호선 336량에 공급된 공기압축기 IEC 61373¹⁾ 진동시험 취득제품



연구의 차별적 특징

친환경성 및 유지보수성

기존의 급유식 공기압축기의 문제점을 개선하는 철도차량용 무급유식 공기압축기를 국내 최초로 개발하여 상품화 하였다. 오일을 사용하지 않으므로 부품수, 고장요소, 정비요소가 적고 정비주기가 길어서(4년마다 부품교체, 8년마다 중정비) 유지보수 비용이 절감된다.

소형 경량화

주공기압축기 모듈의 경우 기존 기술 대비 크기를 40% 축소해서 철도차량에 설치하였을 때 공간 활용성이 매우 우수하고 공기압축기 가동 시 차량 바닥 진동이 0.02g 정도로 기존에 사용하던 스크류 공기압축기와 동등한 수준이다.

국내 표준화

운용기관별로 다양한 종류의 공기압축기를 3종의 무급유 공기압축기로 표준화(공기 토출량 1000, 1200, 1600 L/min) 하였으며, 표준화 제품간 부품호환성을 85% 이상 확보하였다.

1) IEC 61373 철도부품-철도차량장비-충격진동시험 국제표준
(Railway application-rolling stock equipment-Shock and vibration test)

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

다양한 차종에 접목 가능한 무급유 공기압축기 표준모듈 설계 및 제작기술 확보로 원가 경쟁력을 확보하고 철도차량 제동시스템 및 공기압축기의 경쟁력 제고가 가능하다. 또한, 다품종 소량생산에서 소품종 대량생산으로 생산체계가 변경되어 생산성을 높일 수 있으며, 산업표준 내에서의 경쟁을 통해 경쟁력 있는 중소 부품업체가 국내시장을 넘어 해외시장에서도 경쟁력을 갖는 강소기업으로 성장할 수 있는 여건 조성이 가능할 것으로 기대된다.

2. 사회경제 부문

무급유 공기압축기 국산품 적용으로 수입대체 및 외화유출 방지 효과를 기대할 수 있다. 2008년부터 2016년까지 약 50억원 이상의 수입비용이 지출되었으며 2015년 기준 철도차량용 공기압축기 모듈의 해외시장 규모는 약 1,500억원 이상으로 파악된다. 국내 도시철도차량용 주공기압축기 모듈 시장은 2025년 까지 약 438억원 규모가 될 것으로 예상된다. 또한 무급유 공기압축기 적용에 따라 기존 급유식 대비 폐유 발생이 없으므로 친환경적이며 유지보수비용 절감효과는 500대 기준 연간 3억원 정도로 예상된다. (국내 도시철도차량에 약 2,000대의 공기압축기가 운용되고 있으므로 정량적인 원가절감은 연간 12억원 이상으로 추정된다.)

주요연구 개발성과



기술사업화

4건, 매출액 2,140백만원 창출

지식재산권

특허등록 1건, 디자인등록 7건

표준채택

전기동차 주공기압축기(무급유방식)의 IEC 61373 취득 1건



친환경 인공지능 건축 설계 솔루션 빌드잇

• 세부과제명	제로에너지 건축물 인증 등급 3단계 구현을 위한 인공지능 기반 액티브-패시브 융합 친환경 건축 설계 솔루션 개발
• 연구기간	2018년 4월~2020년 12월
• 총연구비	4,161백만원
• 연구자	이호영 (주)텐일레븐

연구 배경

2017년 제로에너지 건축물 인증제가 시행된 후, 2020년부터 공공 및 민간 부분의 제로에너지 건축물 인증제 의무화가 확대되고 있다. 그에 따른 제로에너지 건축설계 모델 개발에 대한 필요성이 대두되고 있으나, 제로에너지 건축을 고려한 설계 솔루션은 국내에 부재한 상황이다. 이에 건축설계 초기 단계부터 친환경성을 고려한 인공지능 설계는 초기 반복적인 작업을 줄여주어 비용 절감과 생산성을 향상시키고, 고효율 건축물 보급 활성화를 통한 건물 부분 온실가스 감축을 도모할 수 있을 것으로 기대한다.



건축설계사의 설계안과 본 기술로 개발된 안의 결과 비교

연구 목적

보통 건축 설계 시 사업성을 먼저 고려하기 때문에 친환경성 검증은 주로 후반에 진행한다. 그러나 본 연구에서는 건축물의 친환경성과 에너지 성능을 초기 단계에 예측함으로써 후반작업의 낭비 요소를 제거하고, 최대의 에너지 효율을 확보할 수 있는 설계안을 도출하는 기술을 개발하여 건축물의 패시브와 액티브 성능을 극대화할 수 있는 인공지능 알고리즘을 구현하고자 한다.

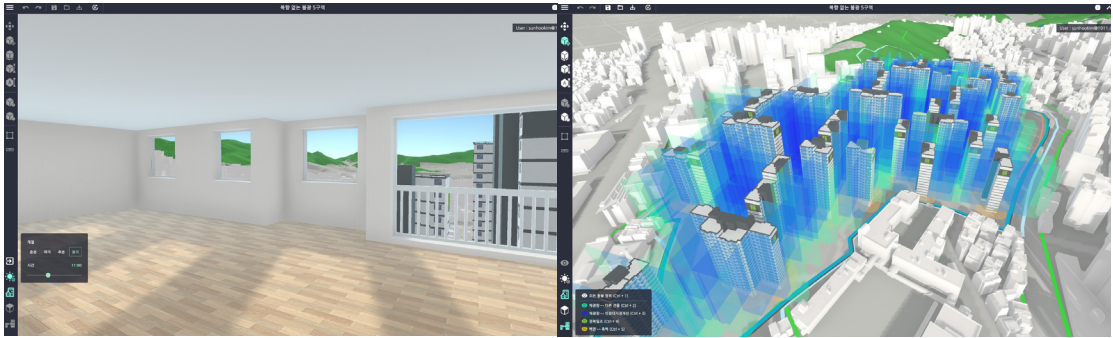
주요 성과

자동화된 친환경 건축설계 기술로 디자인 도구의 직관성 강화

기존 친환경 분석 도구는 고도의 사전지식이 요구되고 복잡한 사용법으로 인해 전문 엔지니어들만이 주로 사용하였지만, 본 연구의 결과물을 활용한다면 누구나 어렵지 않은 조작으로 친환경성을 고려한 초기 건물의 형태와 배치안을 도출할 수 있다. 다양한 친환경 설계안을 고려하여 설계자가 직접 계획안을 개선할 수 있는 환경을 제공하여 설계 시간의 혁신적인 절감을 가져올 수 있다.

제로에너지 건축물 인증등급을 만족하기 위한 패시브·액티브 설계 도구

2025년부터 신축하는 건축물에 대해 제로에너지 수준의 설계가 의무화될 예정이다. 본 연구는 인공지능이 제안한 건축 설계안에 대하여 건물에너지 요구량과 소요량을 계산하고 에너지 자립률을 분석하여 건축설계 초기 단계에서 확보 가능한 건축물의 제로에너지 성능을 예측할 수 있는 기술을 개발하였다.



불광 5구역 재개발단지 스카이라인, 조망, 일조성능 분석

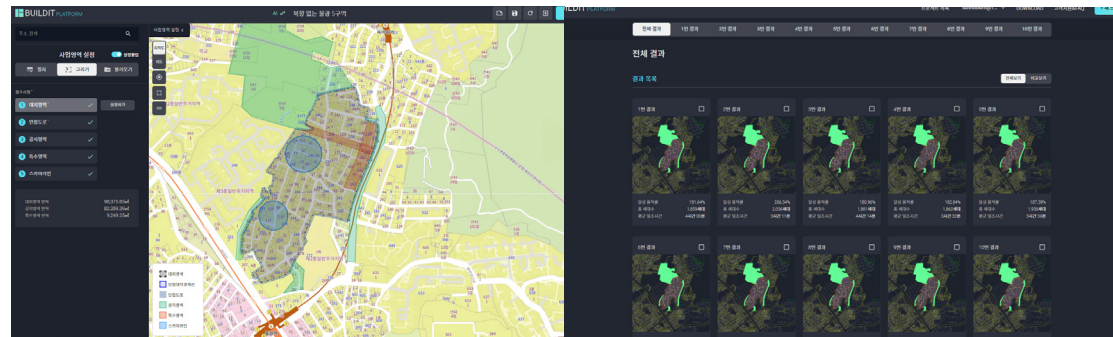
불광 5구역 주택 재개발 정비사업 배치계획에 대한 인공지능 건축설계안 도출

불광 5구역 재개발 단지에 대하여 복잡하고 반복적인 건축설계 과정을 인공지능을 통해 단순화, 자동화함으로써 약 700여 개의 설계안을 자동으로 도출하고 그 중 용적률과 세대 수, 일조량, 조망 성능이 우수한 안을 선정하여 최종적으로 서울시 건축 심의를 통과할 수 있었다.



세종특별자치시 5-1 생활권 바람길 분석을 위한 지구단위계획 기준 제안

앞면적비라는 개념을 이용하여 세종특별자치시 5-1 생활권 내 바람길 성능을 표현하는 지표로써 활용되었다. 총 10회의 실험을 통하여 앞면적비와 CFD¹⁾, 풍동실험 간 유사성을 분석하고 앞면적비를 이용하여 대략적인 바람길 분석을 위한 지구단위계획 기준으로써 활용이 가능하다는 것을 국토연구원에 제시하여 향후 정책에 반영될 계획이다.



인공지능 건축설계 빌드잇 AI 활용 예시



연구의 차별적 특징

제로에너지 주택을 만들기 위한 액티브-패시브 융합 솔루션

제로에너지 주택을 만들기 위하여 인공지능 기반 자동 패시브 설계 및 액티브 설계의 결과로써 BIPV²⁾가 고려된 건축설계 솔루션을 개발하였다.

일조, 일사, 바람길, 에너지를 고려한 건물의 형태 및 배치 계획

친환경적 요소인 일조, 일사, 대기 흐름을 한꺼번에 고려한 시뮬레이션을 수행하고 그에 대응하는 건축 설계를 제안하여 기존에 각각 분리하여 시뮬레이션하던 방식의 단점들을 보완하였다.

건축 법규에 대한 자동 스크리닝

건물의 형태를 결정짓는 용도 지역별 건축기준을 만족하는 설계안을 도출하고 건폐율, 용적률, 정북일조, 인동거리, 대지안의 공지 등을 자동 추출하여 설계에 자동 반영하였다.

건축 디자인의 친환경 성능 향상

겨울철 난방에너지 요구량 최소화를 위한 친환경 채광창 및 배치 계획이 가능하고, 여름철 건물 내 통풍을 위한 친환경 바람길 계획이 가능하다.

1) 컴퓨터 유체 역학

2) 건물 일체형 태양광 발전 시스템



연구성과의 파급효과

1. 기술 부문

기존 건축사들의 Auto Cad, 3D 도구, 엑셀 등을 이용한 반복적인 설계(노동집약적) 방식에서 본 기술을 이용한 제너레이티브 디자인(Generative Design) 설계 방식으로 패러다임 변화가 있을 것으로 기대하며, 이는 건축 설계 시 투여되는 비용을 줄이고 건축사가 더 좋은 품질의 설계안을 도출하는데 기여한다.



인공지능 건축설계 빌드잇을 이용한 불광 5구역 설계안 도출

2. 사회경제 부문

계획·설계 단계에서부터 일조, 일사, 바람길, 에너지 계산이 고려된 친환경 건축물 및 단지 배치가 가능하게 될 것으로 예상된다. 이는 주거의 질 향상과 경제적 비용 절감, 환경적인 만족도 증가로 이어질 것이다.



주요연구 개발성과

기술사업화

38건, 매출액 470백만원 창출

지식재산권

특허출원 10건, 특허등록 6건, SW등록 2건

논문

SCI 3건

포상

3건



친환경 국토

개발 위주의 경제성장으로 인해 잃어버린 가치를 찾아서
우리는 자연과 사람 모두를 위한 기술을 실현합니다.
지속가능한 에너지로부터 더 나은 미래를 향해
국토교통 R&D는 오늘도 함께 합니다.

Eco-Friendly

7. 도시기반 폐자원 에너지화 복합플랜트 구축·운영기술 국산화
8. 경량 프리캐스트 패널을 이용한 원지반 부착방식의 절토부 옹벽
9. 도로 미세먼지, 열섬현상 저감을 위한 고정식 자동 물분사 시스템
10. 에너지 저감형 옥상녹화 유닛 일체화 시스템 개발 및 상용화
11. 표면분쇄기법을 이용한 중금속 오염토양 정화 플랜트 설계기술
12. 현무암 폐기물 자원순환을 통한 친환경 무기내화단열재



도시기반 폐자원 에너지화 복합플랜트 구축 · 운영기술 국산화

• 세부과제명	도시자원 순환형 복합플랜트 공정 기술 개발
• 연구기간	2016년 6월~2020년 11월
• 총연구비	9,563백만원
• 연구자	김호 (고등기술연구원)

연구 배경

교통 거점 시설이나 사회 편익 시설은 지자체 간 유치를 위해 치열한 경쟁을 하지만, 폐기물 처리장 같은 환경·에너지 시설은 되도록 피하고자 한다. 이러한 님비현상은 도시화의 한 문제이기도 하다. 또한, 최근 환경·에너지 문제는 전 세계적으로 기후변화와 연계되어 국가별 온실가스 의무감축을 강제하기에 이르렀다. 따라서 ‘도시기반 순환형 복합 플랜트’는 지속가능한 미래도시의 환경·에너지 기반시설로서 그 역할이 클 것으로 기대된다.



폐자원 순환 저탄소 도시

연구 목적

지속가능한 저탄소 미래도시 실현을 위하여 다양한 도시 폐자원(생활폐기물, 음식물류폐기물, 하수슬러지)을 하나의 플랜트에 모아서 자원 순환체계를 거쳐 연료 및 에너지로 생산하는 복합플랜트 건설·운영기술 확보를 목적으로 한다. 또한 기존 독립된 각각의 플랜트와 비교했을 때 에너지 생산량 및 경제성 25% 증가, 온실가스 30% 절감을 실현하고 7,000가구에서 버린 도시 폐자원을 이용해 550가구의 에너지 자립을 실현하는 것을 목표로 한다.

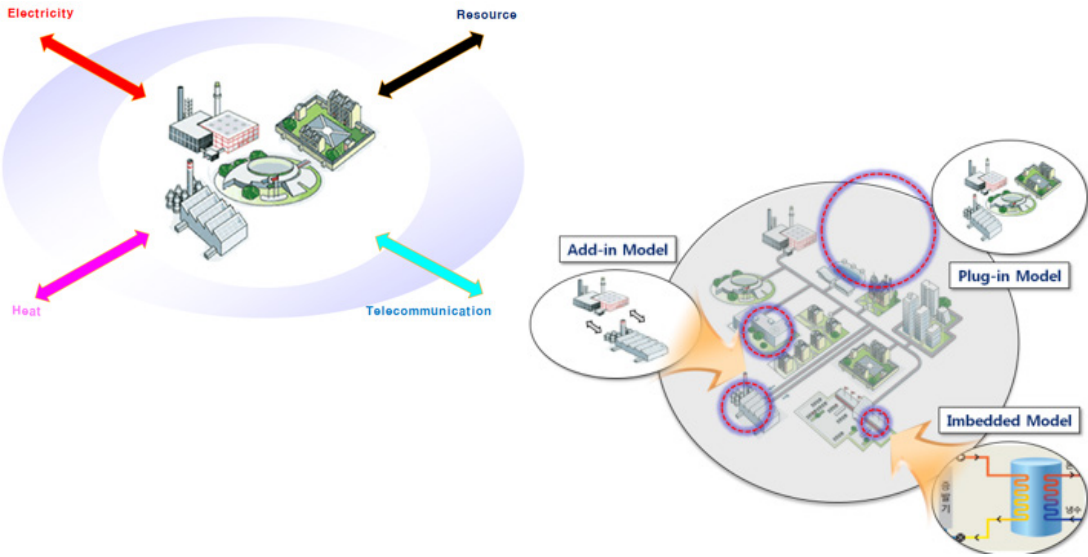
주요 성과

도시 폐자원 동시 활용 및 높은 생산성의 복합플랜트 건설기술 확보

다양한 도시 폐자원을 하나의 복합플랜트에서 자원 순환처리하는 기술로 기존 각각 운영되던 처리시설 대비 부산물 발생을 40% 이상 줄이고, 에너지 생산량은 30% 이상 늘릴 수 있다. 수도권 매립지에 1일 24t 규모를 처리할 수 있는 기술을 개발하고 실증화에 성공하여 국산화된 건설 기술을 확보하였다.

에너지 수요에 대응 가능한 복합플랜트 운전기술 확보

20,000명 기준의 폐기물을 처리할 수 있는 복합플랜트를 구축하고 계절별·시계열별 소비에너지 수요변화에 대응할 수 있는 운전기술을 확보해 에너지 자립화의 기반을 마련하였다.



Plant Complex Model (PCM) (도시자원 순환형 복합플랜트 모델)



연구의 차별적 특징

자원 순환체계를 통한 도시 폐자원 복합처리 및 에너지 생산

기존에는 다양한 도시 폐자원을 여러 시설에 분산해 물리적으로 집적화를 통하여 처리 및 에너지화 하였다. 이에 반해 본 연구는 공정부산물의 자원 순환체계를 구현하여 에너지 생산성을 향상시키는 방법으로 복합플랜트를 완성하였다.

소비에너지 수요패턴 분석 알고리즘에 기반한 운전 방법 도입

시계열별로 소비에너지 수요패턴을 분석하여 예측·제어가 가능한 알고리즘을 탑재한 운전 방법을 개발하였다. 그 결과 연료의 저장 및 공정 내 활용을 합리적으로 제어함으로써 에너지 활용성을 증가시켰다.



복합플랜트 건축도



연구성과의 파급효과

1. 기술 부문

친환경 기조로 급격히 성장하고 있는 국내·외 녹색시장에서 선진국 수준의 기술 개발로 경쟁 우위를 획득하고 시장 확대를 위한 실증 실적(Track-record)을 확보하였으며, 통합 폐기물 에너지화 공정, 핵심 설비 등의 100% 국산화 개발 완료로 기술 수준의 선진화에 기여한다.

2. 사회경제 부문

광역단위 도시 에너지 공급체계에서 분산형 도시 에너지 공급체계로의 전환을 통한 한국형 저탄소 도시 모델¹⁾ 확보로 도시혁신 및 스마트시티 조성·확산을 지원한다. 7,000 가구에서 발생하는 도시 폐자원으로부터 550가구에서 활용할 수 있는 에너지를 만들어내는 에너지 자립화 도시를 실현하는 한편, 20,000명 인구 기준으로 온실가스를 연간 2,500t 절감할 수 있다.



주요연구 개발성과

지식재산권

특허출원 6건, 특허등록 6건

논문

SCI 2건

1) 단위 기술(하수처리, 폐기물 소각, 열병합발전 등)의 융·복합화를 통한 순환형 구조를 가진 에너지 순환형 복합플랜트 모델



경량 프리캐스트 패널을 이용한 원지반 부착방식의 절토부 옹벽

• 세부과제명	자연암반형 판넬을 이용한 원지반 부착식 옹벽 개발
• 연구기간	2014년 6월~2016년 6월
• 총연구비	952백만원
• 연구자	민경남 (주세종이엔씨)

연구 배경

국토의 70%가 산지인 국내 지형 조건상 도로, 철도, 산업단지 조성 등의 기반시설 구축을 위한 건설공사에서는 자연지반을 깎아서 부지를 조성하는 경우가 다반사다. 이에 따라 대규모 경사 비탈면이 생기며 대규모 토공 처리, 환경훼손 등의 문제가 빈번히 발생하고 있다. 절토부 옹벽은 이러한 문제를 해결하기 위해 프리캐스트 패널과 지반 보강재를 이용하여 구축하는 옹벽으로 기존의 철근콘크리트 옹벽 대비 토공량이 감소하고, 프리캐스트 패널을 이용하여 품질이나 시공성이 향상되어 그 수요가 점점 증가하고 있다.



원지반 부착방식의 절토부 옹벽 시공전경

연구 목적

기존 절토부 옹벽은 패널을 적층하기에 유리한 구조다. 따라서 단순 중량구조물의 패널을 적층하기 위해 뒤채움 공간을 확보해야 하고, 되메우는 과정이 필요하여 작업 공정이 복잡하고 품질관리가 어려웠다. 본 연구를 통해 기능과 성능을 고려한 패널을 개발하고 설치 방법을 개선하여 시공성과 안전성이 향상된 절토부 옹벽을 개발하고자 하였다.

주요 성과

기존 대비 중량을 50% 경량화한 프리캐스트 패널 개발

원지반 부착식 절토부 옹벽의 핵심소재인 경량 프리캐스트 패널은 중소벤처기업부 성능인증 제품으로 기존 패널 대비 50% 수준의 중량이지만 그 기능과 성능은 그대로 유지한다. 가벼운 무게로 패널 시공 속도가 빨라지고 전면 문양은 자연 암반 질감으로 표현해 현장 적응성도 높였다.

안전성을 향상시킨 원지반 부착방식의 패널 설치 방법 개발

경량 프리캐스트 패널을 이용한 원지반 부착방식의 패널 설치 Top-Down 시공이 가능해 시공 중 굴착면의 안정성이 떨어지지 않고, 패널의 배면 되메움으로 인한 시공간섭 및 품질 저하 문제를 개선하였다. 또한, 고소작업이 없어 작업자의 안전성도 향상된다.

기술인증 성과 취득

본 연구의 개발기술은 그 가치를 인정받아 중소벤처기업부 성능인증서(제27-430호), 한국발명진흥회 우수발명품 우선구매선정 확인서(제2018-0761호), 조달청 해외조달시장 진출 유망제품(제2018-045호) 및 벤처창업 혁신상품 지정, 2018년 특허기술상 등을 획득하였다.



경량 프리캐스트 패널



Top-Down 시공사진



연구의 차별적 특징

공정개선을 통한 시공성 향상

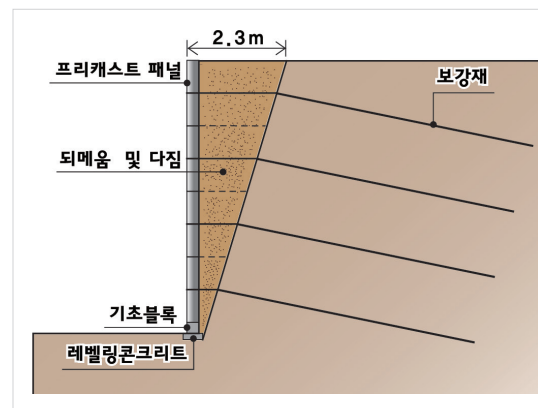
원지반 부착 및 Top-Down 방식으로 기초 설치, 되메움 및 다짐 공정이 불필요하고 패널과 보강재의 직접 연결을 통하여 옹벽 구축이 간단해지며 시공 속도가 향상된다. 또한 패널 간 회전이 가능한 구조로 곡면부 처리가 용이하고 불규칙한 선형 구간에 현장 적용성이 우수하다.

옹벽의 내구성 및 안정성 향상

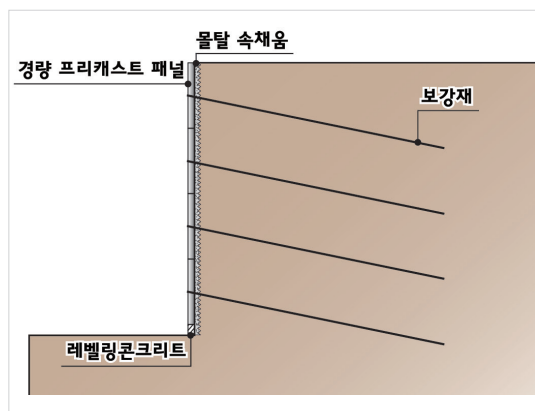
패널 높이만큼 Top-Down 방식의 시공을 하고 패널과 원지반 사이의 틈새를 시멘트 회반죽으로 충전하여 일체화함으로써 굴착 시 원지반의 이완을 최소화하고, 원지반 풍화를 원천적으로 방지하여 옹벽의 장기적인 안정성이 향상된다. 또한 연결핀을 이용한 패널의 일체화된 구조는 시공 중 패널 전도에 대한 안정성과 토압에 대한 저항성을 제고시킨다.

유지관리 용이

패널을 적층하기 위한 되채움 공간 확보가 불필요하여 추가 토공 처리가 없고, 패널을 원지반에 부착하는 방식으로 설치하여 토사 되메움이 없으며, 패널과 지반 보강재를 직접 연결하여 품질관리 및 유지관리가 최소화된다. 또한 패널 전면부에서 육안 관찰에 의해 배면의 배수 상태 확인이 가능하여 유지관리가 간편해진다.



기술개발 전(기초설치, 되메움 및 다짐 공정이 필요)



기술개발 후(패널과 보강재의 직접연결을 통한 시공 효율성 제고)

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

개발기술은 적층에 의한 경사 굴착, 되메움 및 다짐 공정이 불필요하여 공정이 간소화되고 공사 기간 및 공사비를 절감할 수 있다. 또한, 원지반의 강도 저하 요인을 최소화하여 옹벽의 장기적인 안정성이 증대되고 시공 중 위험요인이 감소하며 준공 후 유지관리도 편리해진다. 따라서 본 연구결과는 기존의 절토부 옹벽이 비탈면 보강을 위한 단순 시설물로 인식되었다면, 향후에는 생애주기를 고려한 사회기반시설로 인식될 수 있는 기반이 된다.

2. 사회경제 부문

최근 사회기반시설 개발과 관련된 정부 정책에 따르면 터널화, 절토부 옹벽 등을 이용하여 지형 훼손을 최소화하는 방안이 도입되고 있고, 산업단지에서는 비탈면의 안정성을 확보함과 동시에 부지 경계 내에서 부지를 최대한 확보할 수 있는 절토부 옹벽의 수요가 지속해서 증가하고 있다. 이에 경량 프리캐스트 패널을 이용한 원지반 부착방식의 옹벽은 패널의 경량화로 재료비 및 운반 비용이 감소하고 패널의 설치 속도가 향상되어 전체적인 공사기간 단축 효과가 있다. 특히, 자연 암반 질감의 전면 문양과 패널 간 회전이 가능한 구조는 패널이 결합한 상태에서 옹벽 시공이 가능하기 때문에 소비자의 요구에 맞춰 향상된 서비스를 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 원지반 부착방식의 시공 방법은 부지 경계가 제한적인 곳에서 옹벽의 설치 수량을 최소화할 수 있어 부지의 효율적인 이용이 가능해지고 유지관리가 쉬워져 산업단지 조성 시 그 적용성이 점차 확대될 것으로 기대된다.

주요연구 개발성과

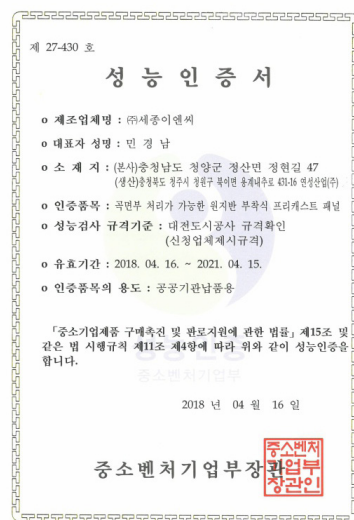


기술사업화

4건, 매출액 1,126백만원 창출

지식재산권

특허출원1건, 특허등록 1건



성능인증서

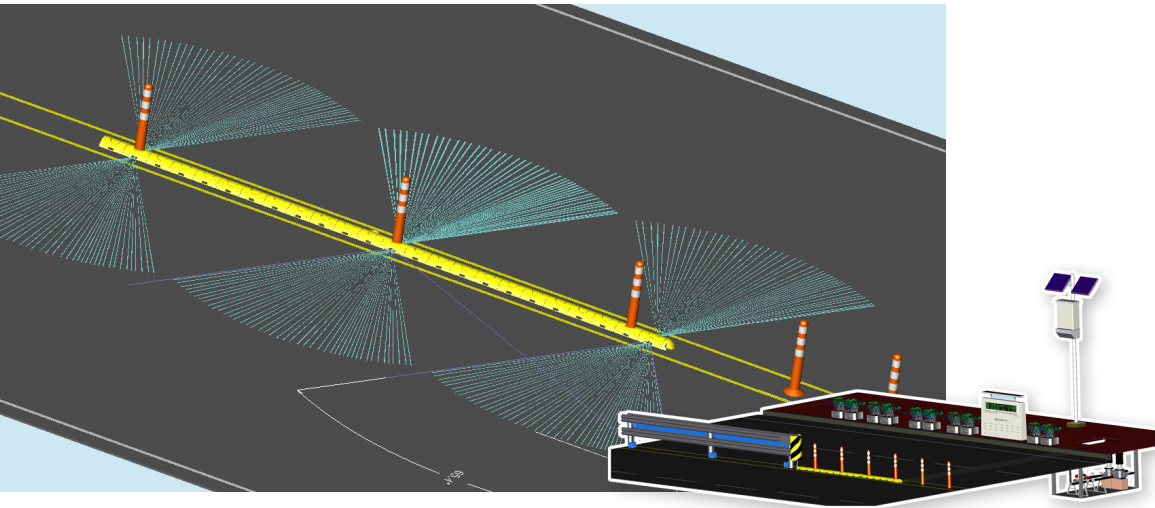


도로 미세먼지, 열섬현상 저감을 위한 고정식 자동 물분사 시스템

• 세부과제명	포장도로 비산먼지(PM10) 저감을 위한 노면습도 센싱 IoT 기술연동 자동 살수장치 시스템 개발
• 연구기간	2018년 4월~2020년 12월
• 총연구비	1,462백만원
• 연구자	황청호 (블랙스톤㈜)

연구 배경

미세먼지 및 하절기 열섬현상 저감을 위한 고정식 물분사 장치인 클린로드 시스템을 설치하기 위하여 본 연구에서는 터파기 공사가 필요 없는 방식의 배관 블록 및 노즐을 고안하였다. 해당 물분사 노즐을 도로에 매립하지 않고 노면에 설치하면 시공 기간이 단축되고 폐아스팔트 처리 비용이 발생하지 않아 경제적이고 친환경적이다. 전체 시스템은 IoT 기반으로 설계하여 도로 환경에 맞추어 자동으로 물이 분사되며 작동상황 및 온도·미세먼지 저감 수치는 관리자의 PC나 스마트폰 앱으로 실시간 모니터링이 가능하며 데이터로 저장·관리된다.



고정식 물분사 시스템 개념도

연구 목적

국민 건강을 위협하는 폭염과 미세먼지는 자연재해와 사회재난으로 인식되고 있다. 특히 미세먼지는 지면에 가까울수록 농도가 높아지므로 관리가 필요하다. 이에 열섬현상 완화와 미세먼지 저감효과가 높고, 경제적인 고정식 도로 물분사 장치를 개발하였다. 지능적으로 운영되는 시스템이 부재한 상황에서 차별화된 데이터 기반 IoT 클린로드 시스템으로 도로 환경을 개선하고 시민 건강 증진에 기여하고자 한다.

주요 성과

시공의 간편성

물분사 노즐을 도로에 매립하지 않고 노면에 설치하는 방식으로 터파기 공사가 생략되어 빠른 시공이 가능하다. 또한 도로를 굴착하는 방식 대비 설치기간을 1/3로 단축할 수 있다.

도로 안전성 구현

특히 등록된 보호블록은 250×88×210mm 사이즈의 상하조립 방식으로 차량의 충격으로부터 배관과 물분사 노즐을 보호하는 역할을 한다. 도로 설치물로 차량 충격에 대비하여 모서리는 유선형으로 디자인하였고, 시선 유도봉이나 무단횡단 금지시설 등의 도로 안전 시설물과 결합하여 보행자 보호 및 주행 차량 안전을 도모한다.

센서 기반의 합리적인 운영

도로에서 측정된 온도 및 미세먼지 수치에 따라 자동으로 도로에 물이 분사되며, 물분사로 인하여 측정 수치가 내려가면 물분사 작동이 자동으로 정지되는 방식이다. 이러한 시스템은 용수 및 전력을 합리적으로 사용할 수 있으며, 시스템 작동 전후의 측정 수치를 비교 판단할 수 있도록 한다.



물분사 시스템 실제 적용 사진

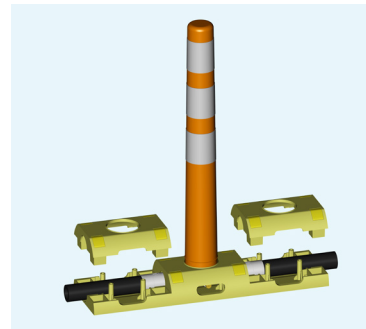


데이터 기반의 관리 수월성 제고

하자 발생 시 서버에서 관리자 휴대폰으로 알람을 보내주어 빠른 대응이 가능하다. 시스템 전체 작동 상황은 데이터로 저장·관리되며, 상시 모니터링이 가능하다. 실시간으로 측정·수집된 데이터는 지역 내 환경 통합관리 시스템과 연동하여 도시관리 정책에 활용할 수 있다.



현장 적용 사진



설치물 구조도



연구의 차별적 특징

저전력 RF 통신과 태양광을 이용한 친환경성

본 연구에서는 ‘저전력 RF 통신 환경에서의 산업용 비동기 메시 네트워크 운영 방법’을 적용함으로써 센서 측정 및 데이터 송수신에 필요한 전력이 기존 전력의 1/10 정도로 감소하고, 태양광을 사용해 경제성과 친환경성을 극대화할 수 있다.

미세먼지법에 부합하는 통합센서 적용

도로 환경의 정확한 측정을 위하여 ‘미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법’에 부합하는 통합센서를 적용하였다. 센서를 통해 노면 온도, 온도, 습도, 미세먼지(PM₁₀), 초미세먼지(PM_{2.5}), 이산화탄소(CO₂), 휘발성 유기화합물, 이산화질소(NO₂), 아황산가스(SO₂) 등을 측정·수집하여 물 분사를 제어하는 용수 원격의 스테이션으로 송신한다.

노면 설치의 유연성과 경제성

도로를 굴착하지 않기 때문에 설치 시 도로 훼손을 최소화하며, 고가·교량·화단 옆 등 다양한 위치에 설치가 가능하다. 간편 시공으로 도로 굴착으로 인한 설치 및 인건비가 절감되며, 도로 공사로 인한 민원유발을 최소화할 수 있다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

기존 클린로드 시스템 대비 본 기술은 미세먼지법에 부합하는 통합센서를 내장하여 도로 환경을 정확히 측정하며, 시공이 간편하여 비용 절감 효과가 크고, 합리적인 유지관리가 가능하다. IoT 통합관리 시스템으로 설계 운영되어 과학적인 운영이 가능하며, 물 분사 전후 미세먼지 및 노면 온도 저감 효과를 수치로 확인할 수 있고 이를 데이터로 관리가 가능하다.

2. 사회경제 부문

기후변화에 따른 폭염과 미세먼지에 효율적으로 대비하기 위하여 환경부에서는 도심 주요 도로에 쿨링과 클린 효과를 겸한 클린로드 시스템을 설치·운영하고 있다.

본 연구의 센서·데이터 기반의 클린로드 시스템은 최적의 성능 조건과 운영방안을 마련할 수 있는 모니터링 데이터를 제공할 수 있으며, 시스템의 효과를 정확한 수치로 분석·검증할 수 있다.

주요연구 개발성과



기술사업화

1건, 매출액 857백만원 창출

지식재산권

특허출원 2건, 특허등록 2건, 디자인등록 2건



에너지 저감형 옥상녹화 유닛 일체화 시스템 개발 및 상용화

• 세부과제명	에너지 저감형 옥상녹화 유닛 일체화 시스템 개발 및 상용화
• 연구기간	2017년 4월~2019년 12월
• 총연구비	1,851백만원
• 연구자	김철민 (㈜한국도시녹화)

연구 배경

온실가스 저감 및 도심지 열섬 저하 등의 미기후 문제 해소를 위해 인공지반 녹화지 조성이 지속적으로 증가하고 있다. 기존의 인공지반 녹화는 방수층, 방근층, 배수층, 보수층, 토양 및 식재 단계로 이루어지는 다단계 시공으로 시공 단계가 복잡하고, 하자 발생 및 유지관리의 어려움이 있다. 또한 기존에 사용되던 인공토양(Pearlite)은 분진 발생 등의 시공성 불량 문제와 풍하중에 대해 고려하지 않아 안정성 저하, 하자(탈락) 등의 문제점이 발생한다. 따라서 이를 보완하여 시공성, 시스템 안정성, 경제성을 확보하는 녹화시스템의 개발이 필요하다.



개발 녹화 시스템 및 Bottom Ash 기반 인공경량토양 적용 현장
(좌: 송파헬리오시티, 우: 부산 상하수도사업본부)

연구 목적

본 기술은 콘크리트 인공지반 구조체 상단에 방수, 방근을 위한 엔지니어링 PE 시트¹⁾ 및 콘형상 고정구를 전자기 유도가열 장치로 융착하고, 그 상단에 Bottom Ash 재활용 인공경량토양 및 식재가 된 EPP²⁾ 충전 격막 탈착형 경량 유닛박스를 콘형상 고정구에 삽입 고정한다. 이는 수직 일체화를 이루고 격막을 제거하여 연속된 토양형성으로 외관 및 시공성, 단열성을 향상시킨 인공지반 녹화기술이다. 본 기술을 통해 시공 단계별 공정을 최소화 및 단순화하고, 녹화기술의 품질기준을 만족하면서, 친환경적이고 성능이 우수한 저관리형 인공지반 녹화 기술을 보급하고자 한다.

주요 성과

기존 대비 50% 이상 시공시간 단축

개발기술은 엔지니어링 방수·방근 PE 시트 및 Bottom Ash 재활용 인공경량토양, 그리고 EPP 충전 격막 착탈식 유닛박스, 고정용 전자기 유도가열 융착 기술을 모두 포함하는 종합 옥상녹화 시공기술로 기존 녹화기술 대비 50% 이상 시공시간 단축이 가능하다.

산업부산물(재활용소재)을 활용한 인공경량토양 개발 및 적용

화력발전에서 연소 후 폐기되는 Bottom Ash를 주재료로 사용하며, 식물영양 공급을 위한 유기계 혼합소재 및 소주 정수 오니, 한약재박 등의 산업 부산물을 후가공하여 혼합함으로써 재활용 소재를 적극 활용한 친환경 인공경량토양을 개발 및 적용하였다. 이는 일반 토양적용 녹화공법 대비 56%, 인공토양(Pearlite) 경량골재 적용 녹화공법보다 10.5% 가량 경량성이 뛰어나다.



Bottom Ash 재활용 인공경량토양 개발

- 1) Polyethylene Sheet
- 2) Expanded Polypropylene



연구의 차별적 특징

시공 완성도가 향상된 유닛박스 녹화 시스템

탈착식 격막을 갖는 식물성 재배 방식의 유닛박스를 통해 현장 시공 후 유닛박스 상단의 탈착식 격막을 제거하여 표면을 정리함으로써 토양층의 연결이 이루어져 자연스러운 녹지 조성이 가능하며, 유닛박스 간 틈새로 외기(outdoor air)가 내부로 침투되는 것을 막아 건축물 단열효과를 갖는다.



단열기능을 갖는 초경량 녹화 시스템 개발

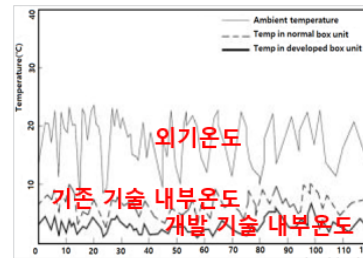
유닛박스 내부에 EPP 경량형 충진재를 적용하여 외기 온도 변화에 대한 유닛박스 내부온도 변화 격차를 감소시킨다. 이는 단열능력이 건축물 표면온도 변화 기준 주간 17%, 야간 45% 향상되고, 경량형 충진재 적용을 통해 미적용 시 대비 24% 이상 중량 절감이 가능한 기술이다.



토심확보를 통한 종다양성 확보



경량화, 단열성능 고도화



단열성능 검증

안정성을 확보한 녹화 시스템

풍하중을 고려하여 방수 방근시트, 콘형상 고정구, 유닛박스 간 물리적 결속(일체화)을 통한 내풍압 안정성을 증대시켜 개발 녹화 시스템의 경우 50m/sec 이상의 풍압에도 이상이 없음을 검증하였다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

본 기술은 2단계의 작업만으로 녹화공정이 완성되고, 전자기 유도가열 방식을 이용하여 방수·방근시트 및 유닛박스를 일체화 시공한다. 이에 작업의 난이도가 높지 않고, 화상 등의 우려가 없으며, 사전 온실에서 식재한 녹화 유닛박스를 현장에서 설치하므로 작업자의 피로도 저감이 가능하다. 동시에 현장에서 펠라이트와 토양의 혼합작업을 하지 않아 비산먼지 등의 우려가 없어 안전한 시공이 가능하며, 조정공사가 단일 공정으로 이루어져 개발자의 자재생산 및 시공을 통한 공정 자립성이 보장된다.

2. 사회경제 부문

녹화기술의 품질기준을 만족하면서 친환경적이고 성능이 우수한 저관리형 인공지반 기술이 개발될 경우, 도시녹지 보급 및 확대에 크게 기여할 수 있다. 또한 시공성 및 경제성이 우수한 인공지반 녹화 기술 보급 확대 및 산업부산물인 Bottom Ash 재활용 촉진에 기여하여 거시적으로는 지구환경 보전, 미시적으로는 거주자의 삶의 질 향상을 위한 친환경 건축물 보급에 기여할 것으로 예상된다.

주요연구 개발성과



기술사업화

3건, 310백만원 매출액 창출

지식재산권

특허출원 1건, 특허등록 2건

신기술 지정

녹색기술인증 1건



표면분쇄기법을 이용한 중금속 오염토양 정화 플랜트 설계기술

• 세부과제명	표면분쇄기법을 이용한 중금속 오염토양 정화플랜트 설계기술
• 연구기간	2017년 4월~2019년 12월
• 총연구비	760백만원
• 연구자	이재원 (지우이앤이)

연구 배경

오염토양의 정화기법은 오염물질에 따라 달라진다. 일반적으로 유류 오염은 토양경작(저농도 오염), 열탈착(고농도 오염), 중금속 오염은 토양세척이 적용되는데, 유류, 중금속 복합 오염의 경우에는 열탈착과 세척의 복합처리 등이 요구되어 공정이 복잡해진다. 특히, 토양세척의 경우 토양 내 오염물질을 화학약품(산)을 적용하여 용출·제거하는 방식으로 용수량, 약품비, 폐액처리비, 중화비용 등이 과다하게 발생할 수 있다. 이에 화학약품을 사용하지 않고 용수 사용량을 최소화한 물리적 토양 세척기법의 개발은 경제성이 높으며, 친환경적이라 토양 건강성에서도 유리하다.



오염토 정화 과정

연구 목적

본 기술은 기존의 토양세척이 유류, 중금속 등의 복합 오염에 제한적으로 사용가능하며 화학약품을 사용하여 발생하는 토양 건강성 손실 및 과다비용 소요 등의 문제점을 최소화하기 위하여 토양표면의 오염물질을 물리적으로 박리하는 처리기술로써 유류, 중금속 등 복합 오염에 적용 가능하고 화학약품을 사용하지 않는 경제적이고 친환경적인 기술을 개발하는 것을 목적으로 한다.

주요 성과

오염도 정화효과 개선

일반적인 토양세척은 강력한 산 등의 화학용제를 적용하여 적정 시간 혼합하여 오염물질을 용해시키는 용해제거 기술이다. 반면, 본 기술은 고압유체기술을 응용하여 고압수류에 의한 압력변화 과정에서 발생하는 Cavitation Bubble의 발생 및 붕괴를 통해 오염물질을 박리한다. 물 또는 저농도의 산만으로 유해 물질을 토양에서 물리적으로 분리·제거하기 때문에 강력한 정화효과를 기대할 수 있다.

설비의 간소화

제트수 공급에 최적화된 형상의 세척기와 특수 가공한 전용 노즐을 적용하여 전체적인 설비를 소형화하고, 화학용제를 사용하지 않아 투입약품, 중화약품 등의 추가 약품 사용을 줄여 설비 간소화가 가능하다.

연속식 처리

본 기술은 오염정화를 위한 별도의 처리시간이 요구되지 않는다. 이는 제트수를 연속적으로 발생시켜 오염토양 투입에서 정화토 배출까지 이어서 진행되는 연속처리기술로 효율이 높다.

환경부담 절감

물을 세척액으로 사용하는 물리적 세척 방식으로, 화학용제로 인한 2차 오염이나 중화를 위한 과다한 수처리가 필요하지 않고, 부산물이 적어 환경에 부담을 줄일 수 있다. 또한, 화학약품 사용에서 기인되는 토양건강성 저해를 최소화한다.

세척공정비용 25% 절감

간소화로 인해 설비비, 전력비가 줄고 화학용제, 폐액처리비용 등의 절감을 통한 경제성 향상이 가능하다.(원가계산 비교 시 세척공정 25% 비용 절감 가능)



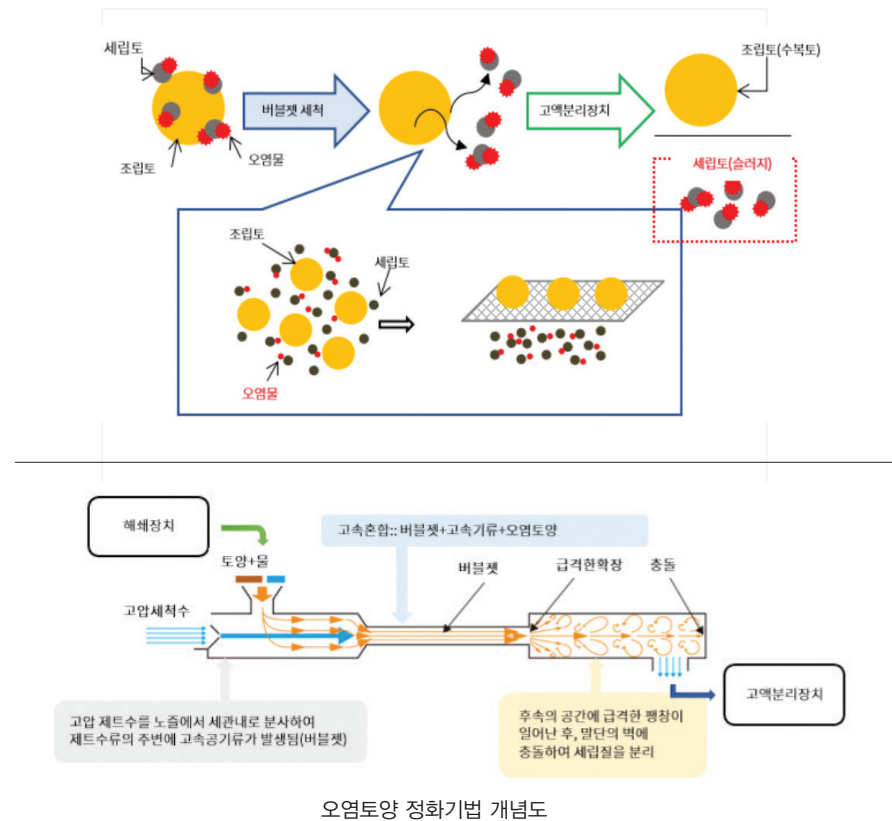
연구의 차별적 특징

화학적 토양오염 없이 오염물질 박리

기존의 토양세척은 화학약품(인산, 염산, 황산, 옥살산 등)을 사용하여 중금속을 용출·제거하는 방식으로, 토양 건강성 저해가 우려되고 고농도 유류, 다이옥신 등 기타 오염물질에 적용이 곤란하다. 그러나 본 기술은 토양표면의 오염 물질을 박리시키는 물리적 기술로써, 오염특성에 비교적 영향을 받지 않아 복합오염 시 단일공정으로 적용이 가능한 기술적 특징을 가진다.

기존 대비 설비 운영 효율화

본 물리세척 기술은 기존의 화학세척 방식 대비 화학약품과 토양중화제 등의 약품이 요구되지 않는다. 특히 기존 방식이 1:3~1:5의 고액비를 적용하는 반면, 본 기술에서는 1:1~1:2의 고액비를 적용하며 용수 사용량 및 폐수 처리량의 최소화가 가능하다. 아울러 설비가 단순화되고, 후속 수처리 규모를 줄여 설비비, 운영비, 전력비 등을 줄일 수 있다.



연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

물리적 세척기술의 표준화를 통하여 다양한 토양오염 현장에 대한 대응과 기존 화학세척 위주의 토양세척 분야의 기술발전이 가능하다. 아울러, 오염토양 정화뿐 아니라 소각재, 매립폐기물 및 각종 산업폐기물 정화 등으로의 적용을 넓힐 수 있어 유관기술 개발 확대가 가능할 것이다.

2. 사회경제 부문

최근 지속해서 문제되고 있는 대규모 고농도 복합오염부지, 불소오염부지 등의 환경위해요소를 억제해 안전한 토양환경을 조성하고 국민 건강을 지킬 수 있다. 오염토양 외 각종 산업폐기물에 대한 처리기술로 확대해 유관산업 발전에 기여하고, 지속적인 신규인력 수요 창출로 고용 확대에 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

주요연구 개발성과



기술사업화

2건, 매출액 347백만원 창출

지식재산권

특허출원 2건, 실용신안출원 3건, 실용신안등록 4건



현무암 폐기물 자원순환(Up-cycling)을 통한 친환경 무기내화단열재 개발

• 세부과제명	제주도 현무암 산업부산물(석분슬러지) 활용섬유 제조 및 무기내화단열재 개발
• 연구기간	2018년 10월~2020년 2월
• 총연구비	709백만원
• 연구자	김남진 (제주대학교)

연구 배경

현무암은 다른 무기질 섬유 소재보다 불연, 방열, 내열, 방음, 흡음, 방습, 내마모성, 내침식성, 내부식성, 경량 고강도 면에서 우수한 친환경 고기능 무기섬유 소재이다. 석재를 가공하는 과정에서 폐석과 석분슬러지가 발생하는데, 물과 석분이 혼합된 현탁액으로 분출되는 석분슬러지는 방류나 살포되면 지표나 지중의 공극을 메워 지표수의 지중 침투, 지하수의 흐름, 공기 소통을 방해해 생태계에 악영향을 미친다. 이에 제조기술 및 공정조건 개발을 통해 친환경 무기내화단열재로 재활용한다면 이러한 문제점을 보완할 수 있을 것이다.



현무암 블록화



연구 목적

폐석 및 석분슬러지는 폐기물관리법에 의거하여 산업폐기물로 분류된다. 그 때문에 채석장 개발 이후 현장 주변의 원지반토와 혼합하여 복구토로 쓰거나, 폐석의 일부를 도로포장용 쇄석 골재로 활용하는데 그쳤다. 또한, 현무암 폐석 및 석분슬러지의 폐기물 처리비용이 부담되어 업체들의 불법 폐기 사례가 빈번히 발생하고 있어 현무암 폐기물의 재활용 및 고부가가치 기술개발이 절실하다.



주요 성과

현무암 산업부산물, 건축자재로의 자원화

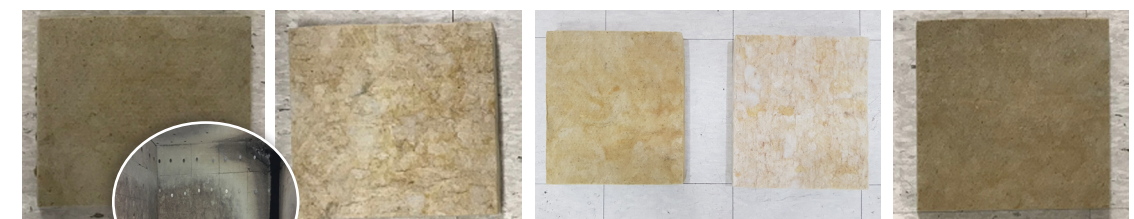
현무암을 적용한 최적의 제조 및 공정조건을 확립하고, 타 폐기물에 적용하여 자원순환을 수행하는 고부가가치 창출 가능성을 모색할 수 있다. 아울러 무기단열재 개발 및 공정조건 구축에 필요한 정보를 제공하고, 전량 수입에 의존하는 현무암 기반의 무기섬유 단열재를 국내 제품으로 대체할 수 있다.

유리섬유의 고내열 대체 소재 개발

석면 및 유리섬유의 대체물질로 유리섬유보다 우수한 내열성을 가진 현무암 섬유가 주목받고 있다. 불연성, 우수한 인장강도, 내화학성, 항균성, 탈취 및 흡음성 등 단열재가 요구하는 다양한 기능을 갖춰 그 적용 범위가 넓으며 Chop, Yarn, Mat, Fabric 등 다양한 형태로 제품화할 수 있어 활용 범위가 무궁무진하다.

불연소재인 미네랄울로 화재로부터 안전한 환경 제공

일반적으로 건축에 사용되는 EPS¹⁾ 단열재의 경우 화재에 취약하고 화재 시 방출되는 유독가스로 그 피해는 더욱 크지만, 값싼 가격으로 시장을 선점하고 있다. 반면, 현무암 섬유는 내열성이 우수하기 때문에 석면, 유리섬유, EPS 단열재의 대체 재료로 활용할 수 있다. 또한 본 연구를 통해 제작된 시제품은 불연재료 기준에 적합 판정을 받았으며, 산성계수가 1.6 이상으로 수출도 가능하다.



슬러지

시험후

일반미네랄울(슬레그)

좌-현무암활용 단열재, 우-일반 단열재

폐석

1) Expanded Polystyrene



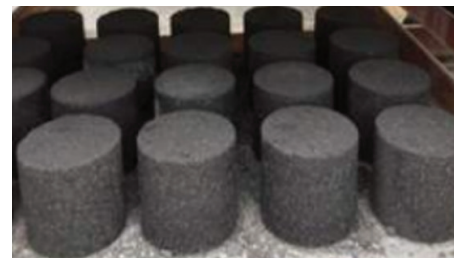
연구의 차별적 특징

높은 내화성능의 현무암 미네랄을

기존의 국내 미네랄은 슬래그를 통해 제조되며, 내화성능(화재에 대응하는 성능으로 차열, 차열, 구조 안정 등의 기능)을 발현하기 위해 자연석을 일부 배합하여 생산하고 있다. 이에 반해, 본 기술은 재생원료(현무암)를 이용해 미네랄을 만들어 높은 내화성능을 지니고 있어 건축물뿐만 아니라 선박, 플랜트 등 높은 내화성능을 요구하는 곳에 적용 가능하다.



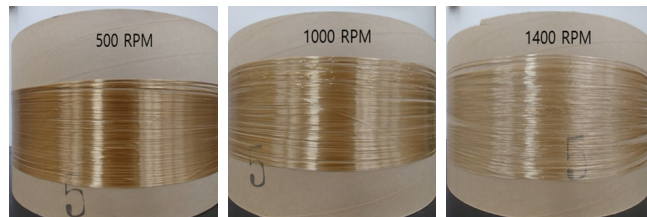
현무암 미네랄을 시험성적서



블록화 현무암 시제품

국산화 성공으로 기술격차를 줄이고 가격 안정화

현무암 폐석 및 석분슬러지를 이용한 고부가가치 연속방사 섬유화 신기술은 기존의 FRP²⁾(섬유강화플라스틱)에 사용하는 범용 유리섬유보다 내열성이 500℃ 이상 뛰어나다. 전량 수입에 의존하고 있는 현무암 기반의 미네랄이 국내 생산품으로 대체 가능해지면 합리적인 가격으로 시장에 공급할 수 있다.



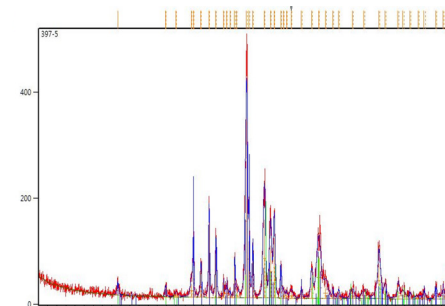
섬유화 기술



시험전

시험중

시험후



현무암 원광특성 DB(참고이미지)

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

기존의 슬래그 미네랄을 생산 설비를 활용하여 국내에서도 까다로운 운전 조건의 현무암 미네랄을 생산이 가능함을 확인했다. 또한 현무암 폐석 및 석분슬러지의 고부가가치 섬유화 기술개발을 통해 현무암 부산물의 활용 가치를 높여 무단 방류, 적치되는 현무암 부산물을 효과적으로 줄일 수 있고, 실 화재시험을 통해 기존 단열재 성능 대비 높은 신뢰성을 입증하였다.

2. 사회경제 부문

건축법 시행령 개정으로 인하여 준불연성 성능 이상의 단열재 수요가 증가할 것으로 예상되며 현무암 섬유 단열재가 이에 대응할 수 있게 된다. 현무암을 활용한 건축자재 개발을 통해 기존 석면, 암면 등의 고내열 단열재를 대체함으로써 안전한 주거환경을 누릴 수 있고, 건축 외에도 우주, 항공, 선박 등 다양한 방면으로 활용할 수 있다. 부산물로 매립 처리되는 현무암 폐기물이나 미세먼지 발생 같은 환경문제를 해결하는 실마리도 제공하게 된다. 아울러 제주도 현무암을 이용하여 단열재를 생산할 경우, 지금까지 개척하지 못한 해외시장으로의 진출도 가능하다.



삼척 실화재시험장

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 2건, 특허등록 1건,

논문

SCI 2건, 일반 학술지 2건

2) Fiber Reinforced Plastics



안전 및 편의

모두가 걱정없는 편안한 삶을 위해 헌신의 구슬땀을 흘리며 연구합니다.
국민 안전을 최우선으로 하여, 더 나은 미래를 향해
국토교통 R&D는 오늘도 함께 합니다.

Safety & Convenience

- 13. TTP 경사식 방파제 대체 직립방파제 회파블록 및 블록결속 기술
- 14. 암반사면 스마트 유지관리를 위한 사면붕괴 예·경보 시스템
- 15. 중소형 교량 효율적 유지관리를 위한 멀티스케일 모니터링 기술
- 16. 도로변 수직구조물 충돌사고 위험도 경감기술
- 17. 스마트시티 데이터 허브 활용 코로나 역학조사 지원시스템
- 18. 도시철도 급전변전소 전자식 25kA 인출형 고체절연 개폐장치
- 19. 고속철도 자갈궤도 급속경화 기술
- 20. 도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템



TTP 경사식 방파제 대체 직립방파제 회파블록 및 블록결속 기술

• 세부과제명	테트라포드 경사식 방파제 대체를 위한 2.7ton/m ³ 이상의 중량 콘크리트를 활용한 직립방파제용 회파블록 및 블록결속 기술개발
• 연구기간	2016년 4월~2019년 1월
• 총연구비	2,296백만원
• 연구자	김상기 (주유주)

연구 배경

해안 곳곳에 침식방지 및 방파제 보호 등 재해방지를 목적으로 테트라포드(T.T.P, Tetrapod)와 같은 소파용 이형블록을 설치한다. 그러나 각각의 블록들이 맞물리는 기존의 테트라포드는 해안 경관 조망을 침해하고 친수공간의 활용도가 낮으며, 테트라포드 사이 공간이 벌어져 안전사고가 빈번히 발생하고 있다. 이 문제점을 개선하기 위해서 수중에서 소형 블록들을 상하좌우로 일체화하는 관통결속기술을 적용하여 공사비는 낮으나 태풍에 강한 최적화된 회파(回波)블록을 이용한 세미 케이슨(Semi-Caisson)화 기술을 개발하였다.



월내 현장적용 사례

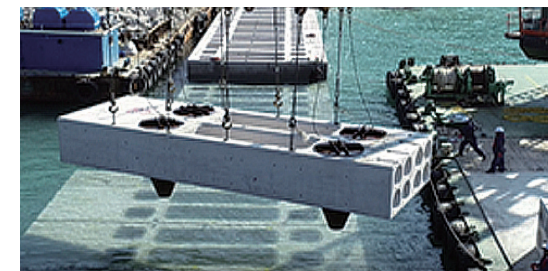
연구 목적

방파제에 가해지는 파랑 에너지를 감소시켜 연안을 보호하고 재해를 방지하기 위한 소파 형식(블록형태의 모듈화 형태)의 해양구조물은 다양하다. 하지만 국내에선 수중에서 관통결속기둥으로 결속시켜 구조체 전체가 하나로 거동하는 기술은 아직 없는 실정이다. 이에 안전하고 경제적인 관통결속형 회파블록 개발을 목적으로 회파블록이 기존 테트라포드에 비해 파에너지 감소 효과가 있음을 검증하고, 회파블록을 일체화시키는 관통결속체의 안정성을 확보하는 연구개발이 필요하다.

주요 성과

시공과정에서 발생하는 위험요소 배제 및 시공 후 안전사고 예방

회파블록 시공을 위한 거치 가이드의 활용으로 수중 작업을 최소화하여 시공 중에 발생할 수 있는 위험 요소를 배제하고, 시공 후에는 상부가 평평한 구조가 되어 테트라포드에서 자주 일어나던 안전사고를 예방할 수 있다.



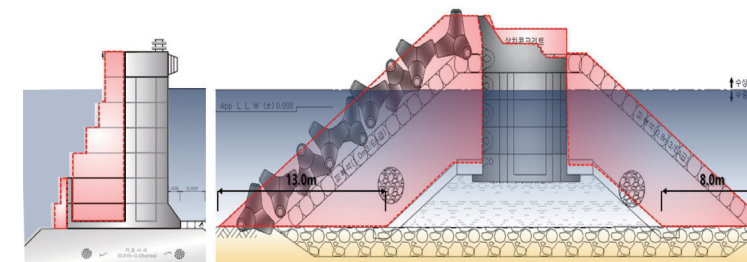
거치가이드를 통한 시공 중 사고발생을 절감



상부 평탄성으로 인해 시공 후 안정성 확보

경제성 및 시공성 향상

수심이 깊은 구간에 테트라포드를 사용할 경우 단면이 커져 공사비가 더 들고, 블록만으로 시공할 경우 경제성은 있으나 안정성이 낮아 소파제의 추가 시공이 필요하다. 반면, 회파블록을 이용한 블록결속기술을 적용하면 단면 축소가 가능하며 우수한 시공성에 경제성이 확보되는 해양구조물 조성이 가능하다.



경제성 단면 비교



높은 안정성

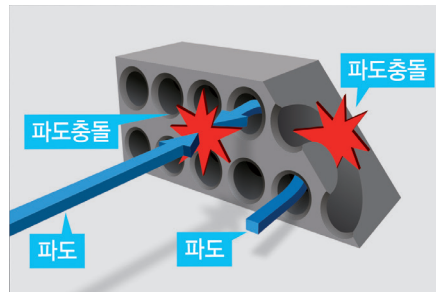
기존의 단순 적치식 블록기술과는 달리, 다양한 크기와 형태의 회파블록을 서로 교차하여 설치하고 관통결속체를 이용하여 하나의 거대한 연속된 합체로 일체화시킬 수 있다. 이로써 내부 공간을 사석으로 채워 상부 콘크리트를 타설하는 세미 케이슨화로 안정성이 높은 해양구조물 조성이 가능하다.



연구의 차별적 특징

파도의 충돌에너지 완화를 제고

4곳의 응집부에 모여진 파랑을 블록 내부의 십자(+)관(소파관)에서 1차적으로 충돌시켜 에너지를 상쇄시킨 후, 잔존 에너지는 배기구를 통해 공기압 형태로 배출시켜 소파(消波)효율을 극대화한다. 그 이상의 에너지는 회파관을 통해 파도의 방향을 180° 전환해 블록 외부로 배출시키며, 이는 다음 파랑과 충돌하며 방파제 선단에서 와류를 발생시켜 블록에 가해질 충격을 완화한다.



회파블록개념도



월내현장에 본 기술을 적용 전·후 비교



파도 저항과 안정성 높은 관통결속체 개발

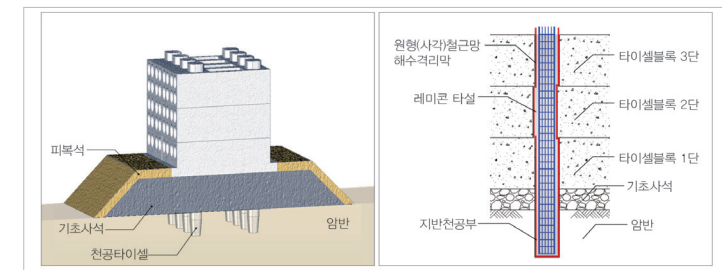
각각의 콘크리트 블록을 교차 설치한 후 관결속체를 이용하여 하나의 거대한 중량을 가진 중력식 합체를 형성할 수 있어, 고파랑에 저항력이 큰 해양구조물 조성이 가능하다. 또한 기존의 블록식에 비해 안정성이 높아 추가적인 테트라포드 설치가 필요없는 추가적인 이점이 있다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

본 연구를 통해 천공타이셀 신기술을 특허 등록하고 해양수산부의 시험시공에 선정되어 설계에 반영하였다. 천공타이셀은 기존의 중력식 구조물의 한계를 넘어선 기술로 관통결속체를 지반까지 천공하여 콘크리트 블록을 지반에 정착시킨 구조물 형태로, 수평 저항력을 증가시켜 해양에너지 기반시설(파력, 해상풍력, 조력)까지 적용이 가능한 기술개발을 목표로 사업을 진행하고 있다.



천공 타이셀 구조

2. 사회경제 부문

지구온난화로 인한 천재지변이 늘면서 항만시설을 보호하기 위한 시설물의 규모도 대형화되는 추세이다. 높은 공사비로 쉽게 사업을 착수하기 어려운 아세안 국가들을 대상으로 타이셀 및 천공 타이셀에 대한 기술 및 안정성, 가격 경쟁력, 타공법 대비 짧은 시간 내에 사업을 완수할 수 있는 기술력을 홍보하여 상용화를 추진하고 있으며, 이로 인한 사회, 경제적 이익을 지역사회와 공유하고자 한다.

주요연구 개발성과



기술사업화

10건, 매출액 2,795백만원 창출

지식재산권

특허출원 2건, 특허등록 3건, SW등록 3건

논문

SCI 2건, 일반학술지 2건

암반사면 스마트 유지관리를 위한 사면붕괴 예·경보 시스템

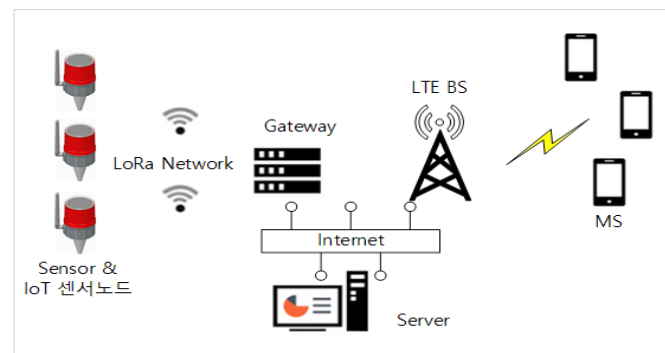
• 세부과제명	암반사면 스마트 유지관리를 위한 얼라이브 록볼트 시스템 개발
• 연구기간	2018년 4월~2020년 12월
• 총연구비	2,924백만원
• 연구자	김용성 (㈜스마트지오텍)

연구 배경

우리나라는 국토의 2/3가량이 산지이기 때문에 도로, 철도, 주거단지 등의 시설물 주변에는 절토나 성토에 의해 사면이 형성되어 있다. 사면 붕괴는 대형 인명피해와 직결되고, 복구를 위해 많은 시간과 비용이 투입되기 때문에 사면의 시공과 유지관리는 매우 중요하다. 전국적으로 급경사지 붕괴 위험지역 관리대상 13,027개소 중 정비대상 붕괴 위험지역 1,605개소(여름철 인명피해 우려지역 436개소 포함)를 지정·관리하고 있으며, 급경사지에 대한 상시계측 관리가 제도화되었으나, 관리기관 담당자들의 전문성 부족과 계측관리에 대한 세부지침 부족으로 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 앞으로 산사태, 건설 공사장 붕괴, 지반함몰 현상 등 국민의 실생활에서 겪게 되는 재난 상황에 범용적으로 활용되어 피해를 예방하기 위해서는 저비용에 자동 분석 및 경보 기능을 탑재한 고효율의 선진형 지반 붕괴 경보시스템을 개발하여 보급할 필요가 있다.



유리섬유 강화 플라스틱(GFRP) 센서봉



IoT 기반 사면 붕괴 예·경보 시스템 개념도

연구 목적

Strain Gage(힘의 변형에 따른 저항 측정 장치)가 부착된 GFRP¹⁾봉과 IoT 센서노드로 구성되는 변위계측시스템을 이용하여 암반사면의 변형을 계측하되, 설정된 알고리즘에 따라 변위속도에 대한 기준치에 도달할 경우 관리자에게 무선으로 전송하는 스마트 사면 붕괴 예·경보 시스템을 개발한다. 이 기술은 지표에서 계측하는 기존 방식과 다르게 지중에서 발생하는 미세 지반 변형을 변위센서로 감지하고, 센서로부터 입력되는 데이터를 전기적으로 변환하여 무선 통신망을 이용하여 관리자에게 전송하는 시스템이다.

주요 성과

혁신제품 선정(한국조달연구원 공고, 2020.10.29)

본 연구진은 기획재정부에서 주관한 혁신제품 공공성 평가에 스마트 사면 붕괴 예·경보 시스템을 제안하여 선정된 바 있다. 이 제품은 사면의 붕괴 전 미소 변위 계측을 통해 전단변형률 증가를 사전 감지할 수 있는 스마트센서 장거리 저전력 시스템으로 통신비용을 절감하고 변위속도를 활용한 경보 판단이 가능하여, 기존 계측시스템의 비용 상승 요인인 계측 및 분석, 유지관리에 소요되는 비용이 감소하고 붕괴 위험의 자체 판단 기술을 도입하여 자동 알고리즘을 통한 별도의 인력이 필요없는 장점이 있다.

농림신기술(NET) 선정(2020.05.29)

본 연구진은 농림신기술 평가에 농업 수리시설용 토사 및 암반사면 붕괴예측을 위한 변위센서 부착 봉형 계측 기술을 신청하여 농림신기술(NET)에 선정된 바 있다. 이 기술은 센서를 지중에 직접 인입하여 정확한 지반거동을 감지해 붕괴 전 예·경보를 작동시킨다. 태양광시스템을 적용하여 전원이 없는 곳에서도 동작 가능하며, 자체 에너지를 생산하여 사용하는 친환경적인 시스템이다. Sleep 모드 구현 및 저전력 통신모듈(LoRa²⁾)을 사용하여 전력소모를 최소화했고, 시스템이 가볍고 간단하여 대규모 현장뿐만 아니라 소규모 현장에도 적용 가능하다. 설치비용이 저렴하며 유지보수가 편리, 경사진 사면에 설치하는 경우 별도의 평탄 작업이 필요 없는 등 설치 편의성도 우수하다.

1) Glass Fiber Reinforced Plastic
2) Long Range



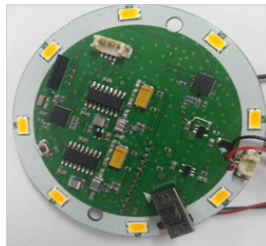
연구의 차별적 특징

지중 관입 봉 타입 스마트 센서

기존의 사면 계측시스템과는 다르게 사면의 붕괴 전 미소 변위 계측을 통해 전단변형률 증가를 사전에 감지할 수 있는 변위센서를 장착한다. 활동면 가까이 삽입해 설치하므로 미소 변위 파악이 가능하다.

센서의 정확성

지중에 설치된 봉형 스마트 센서로부터 입력되는 데이터를 전기적으로 전달받는 정보시스템으로써 현장 지반의 미세 변형을 계측하기 때문에 정확한 센싱이 가능하다.



IoT Client Main B'd



GFRP 센서봉

신속 정확한 예·경보 전달

계측 및 분석, 유지관리에 알고리즘 적용을 통한 붕괴 위험의 자체 판단 기술을 도입하여 위험 요인을 사람이 아닌 붕괴 예측 알고리즘을 통해 과학적으로 판단하고, IoT 기술을 활용하여 신속 정확하게 정보 메시지를 전달한다.

저렴한 유지비용

태양광 패널을 이용하여 자체적으로 전력 공급이 가능하고, Gateway 및 Server 시스템에 저전력 시스템을 적용하였으며, 스마트센서 설치 시 필요인력 1~2명이 소형 장비로 시공하기 때문에 설치 및 유지관리비가 저렴하여 기존의 지표변위계측기와 비교해 약 54%의 비용을 절감하는 효과가 있다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

스마트 센서 및 LoRaWAN³⁾을 활용하여 급경사지 위험 요인을 선제적으로 파악하고 대응할 수 있다. 저렴하고 설치가 쉬운 스마트 센서의 개발로 IoT 기반 국가 재난망의 사각지대를 해소하고, 다른 분야로의 기술 파급효과도 기대할 수 있다. 또한, 급경사지 붕괴 전 대국민 경보 방송 및 재난 안전문자 발송 체계를 개선할 수 있는 기반을 마련하였다.

2. 사회경제 부문

스마트 센서를 활용하여 급경사지 계측·관리의 초기비용 및 유지관리비를 최소화할 수 있다. 이로 인해 기존 기술 대비 약 54%의 비용 절감 효과를 얻으며, 재난 예측 및 보강을 통하여 급경사지 피해로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있다. 또한 수입에 의존하던 계측시스템의 국산화 및 센서산업의 국외 경쟁력 강화에 이바지할 뿐만 아니라, 사면 붕괴 위험으로부터 국민이 안전하게 생활할 수 있는 기반을 제공한다.



암반사면 예·경보시스템 게이트웨이

주요연구 개발성과



기술사업화

9건, 매출액 219백만원 창출

지식재산권

특허출원 2건, 특허등록 1건

논문

일반학술지 2건



중소형 교량 효율적 유지관리를 위한 멀티스케일 모니터링 기술

• 세부과제명	호남지역 중소형 교량 통합 관리를 위한 멀티스케일 모니터링 시스템 기술개발
• 연구기간	2016년 6월~2020년 2월
• 총연구비	2,819백만원
• 연구자	한동엽 (전남대학교)

연구 배경

노후화 및 대형 교량의 증가, 해상 특수교량 및 1,2종 시설물에 해당하지 않는 교량의 증가 등 지자체의 인력 및 장비에 비하여 유지관리해야 할 교량이 지속해서 늘고 있어, 효율적이고 안전한 교량 유지관리 기술의 활용이 중요시되고 있다. 멀티스케일 중소교량 유지관리 기법은 다양한 시간적·공간적, 원격·접촉식 센서 관측 자료를 활용하여 웹 기반 3차원 가상공간에 교량 상태 자료를 구축하고, 확률기반 교량 유지관리 최적화 기법을 적용하여 경제적이고 안전한 교량 점검 플랫폼으로 교량의 유지관리 시 기여하고자 한다.



웹 기반 3차원 모니터링 플랫폼 구축

연구 목적

중소형 교량에 대한 종합적이고 일관된 모니터링 체계를 수립하기 위하여 위성 SAR¹⁾ 영상, 근거리 드론 영상, GNSS²⁾ 절대 측위, 모바일 접촉식 센서 등의 멀티스케일 교량 관측 데이터를 경제적으로 획득하는 기반 기술을 개발하고, 교량 상태 평가 분석을 위한 센서 데이터의 가공·분석·통합, 교량 네트워크 최적 유지관리 방법을 통하여 웹 기반의 3차원 교량 모니터링 플랫폼 구축이 본 연구의 목적이다.

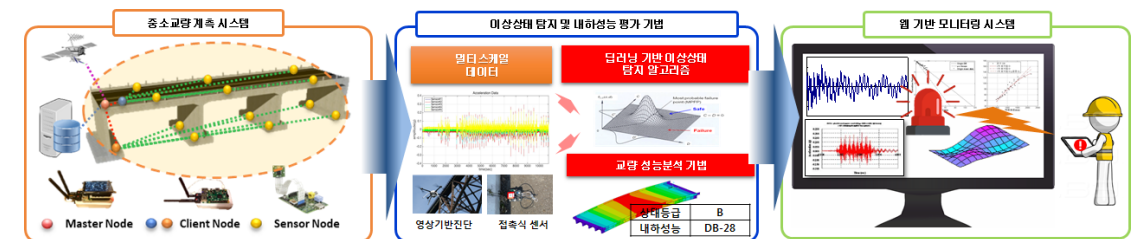
주요 성과

교량 3차원 모니터링 플랫폼 구축

시간적·공간적, 원격·접촉식 멀티스케일 관측 정보를 수집하여 교량 상태를 확인하고, 교량 네트워크 최적 유지관리 성능을 확인할 수 있는 웹 기반 3차원 모니터링 플랫폼을 구축하였다.

모바일 접촉식 센서 기반 교량 모니터링 기술 개발

모바일 접촉식 교량 계측 모니터링 센서 및 시계열 빅데이터로부터 데이터를 분석하고, 이상 상태를 탐지하는 기술을 개발하여 교량의 내하 성능을 평가할 수 있게 되었다.



모바일 접촉식 모니터링 시스템

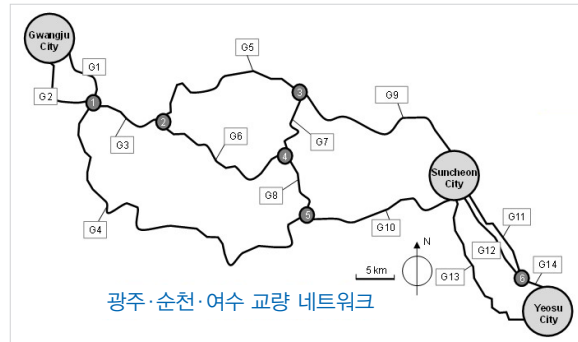
InSAR 위성 영상기반 교량 변위 측정

인공위성 SAR 영상을 활용하여 국내에서 처음으로 교량 변위 측정에 최적화된 기술을 개발하고, $\geq 1\text{mm}/\text{년}$ 정밀도로 장기적 변위 측정 기술을 개발하였다.

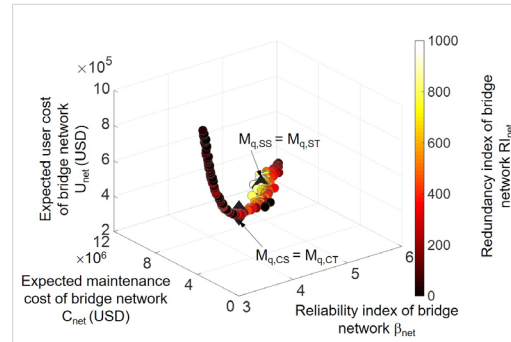
최적화 기법을 적용한 유지관리 의사결정 기술 개발

교량 네트워크에서 연결 신뢰성, 여유도, 사용자 비용에 따른 평가기법을 개발하여, 최적의 교량 유지관리 우선순위를 결정하는 것이 용이하고, 효과적인 유지관리가 가능하다.

1) Synthetic Aperture Rader
2) Globor Navigation Satellite System



교량 네트워크 개념도



모니터링 플랫폼의 중요도 평가 기법



연구의 차별적 특징

광역 규모의 중소 교량 변위 및 위험 징후 신호 모니터링을 위한 위성 영상 시계열 분석 기법

InSAR³⁾ 시계열 분석 기법의 정밀도 향상을 위한 DEM⁴⁾ 오차를 분석하고, 전자기파 산란 위치를 고려해 교량 변위 분해 기술을 통한 교량의 정밀 변위 분석이 가능하다. 이 기법을 통해 제안된 교량 변위 탐지 정확도는 1mm/년이다. (최고국 기술 수준 : 2mm/년)

드론 영상을 이용한 도로손상 탐지 기술

딥러닝 영상 처리를 이용한 도로 변화영역을 탐지하고, 점검 후보지역을 추출하여 효과적인 안전 점검 수행을 보조할 수 있다. 드론 영상 기반의 도로 표면 시계열 변화 탐지를 적용한 국내외 사례는 거의 없으나, 본 기술을 통해 80% 이상 정확도로 도로면 변화탐지가 가능하다.

접촉식 센서 데이터의 이상상태 탐지 기법

기계학습 및 딥러닝 기반 이상상태 탐지 기술로 정확도 90% 이상의 성능을 가지고 있으며, 대용량 데이터로 생성되는 접촉식 센서 정보에 적용하여 효과적인 융·복합 분석이 가능하다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

기존 교량 안전 점검 방법에 더해 보조 정보를 제공하여 안전 점검의 신뢰성을 높일 수 있고, 원격 및 모바일 계측으로 안전사고로 인한 사회비용을 경감하여 경제적이고 효과적인 교량 점검 보조 기술로 활용성이 높다고 볼 수 있다.

2. 사회경제 부문

위성 변위 측정시스템은 기존 비용 대비 약 100만 원 가량의 교량 정밀진단 비용을 절감할 수 있다. 위성 변위 측정기술은 교량 뿐만 아니라 지표면, 다양한 사회기반 시설물, 주요 상업용 및 공공시설의 장기 변위 측정에도 활용할 수 있어 재난재해 전후 또는 정기적인 상태 점검이 필요한 시설물 안전 점검에 폭넓게 활용 가능하며, 복합목적으로 사용되었을 때 경제성을 크게 높일 수 있다. 또한 교량 네트워크 최적 유지관리를 위한 의사결정 플랫폼을 적용하는 경우 체계적인 유지관리 시행을 통하여 약 30%의 비용 절감을 이룰 수 있다. 아울러 드론영상 기반 교량 안전점검은 인력의 약 50%를 절감할 수 있으며, 교량의 정밀안전 점검을 위한 총액 비용 기준으로 약 20%의 점검 비용 절감이 기대된다. 또한, 접촉식 센서 기반 교량 모니터링 시스템은 탈부착이 가능한 모바일 식으로 필요하면 빠르게 교량 센서 모니터링에 적용 가능하며, 재활용이 가능하여 경제적인 시스템 구조이다.

주요연구 개발성과



기술사업화

3건, 매출액 57,240백만원 창출

기술이전

2건, 기술료 10백만원 창출

지식재산권

특허출원 5건, 특허등록 6건, SW등록 5건

논문

SCI 13건

3) 간섭계 합성 개구 레이더(Interferometric Synthetic Aperture Radar)

4) 수치 표고 자료(Digital Elevation Model)



도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로작업자 위험도 경감기술

• 세부과제명	도로변 수직구조물 충돌사고 및 도로작업자 위험도 경감기술 개발
• 연구기간	2015년 5월~2019년 10월
• 총연구비	1,930백만원
• 연구자	성정곤 (한국건설기술연구원)

연구 배경

도로변에 설치된 수직 부재(도로표지, 교각, 가로등, 신호등)에 차량이 충돌하면 심각한 차량 파손은 물론 탑승자가 상해를 입는 경우가 많은데, 그 치사율이 일반 교통사고에 비해 무려 10배 이상 높은 것으로 나타난다. 해외에서는 충격을 가하면 부러지거나 분리되는 고충량 지주 기술이 개발되기도 했으나 분리된 지주가 낙하할 때 2차 사고의 위험은 여전히 존재한다. 도로 이용자의 피치 못할 충돌사고 발생 시 위험도를 줄이는 일은 시급히 해결해야 할 과제다.



본 연구를 통해 개발된 위험도 경감 다방향교각 방도구조물



연구 목적

현재 도로상에 노출된 도로표지, 신호등, 가로등 같은 수많은 수직 부재들은 기초에 강결된 지주 형태가 많아 차량 충돌 시 탑승자의 상해 위험이 높다. 이에 교각에 설치된 좁은 형태의 충격 흡수시설 외에 부피가 큰 교각 같은 형태의 수직 구조물에 충격 에너지를 흡수할 수 있는 시설을 개발하는 것이 본 연구의 목적이다.



주요 성과

위험성 제거를 위한 슬라이딩 지주 개발

차량 충돌 시 강결지주(Rigidly Fixed Post)의 위험성을 경감시키고, 분리식 지주 형태에서 우려되는 2차 낙하사고의 위험성을 제거하기 위하여 슬라이딩 지주 형태의 충격 흡수시설을 개발하였다. 실제 차량 충돌시험을 통해 안전 성능을 확인한 바, 충돌 거동을 단계적으로 분석하여 슬라이딩 지주의 감충(Crashworthiness) 메커니즘을 구현하고 탑승자 보호 성능 평가 기준도 만족시켰다. 탑승자 보호 성능의 평가 기준으로는 탑승자-차량 충돌 상대속도 (THIV¹⁾)와 탑승자-차량 충돌 후 최대가속도(PHD²⁾)를 사용하였다.

다방향 충격 방호시설물 개발 및 안전성능 검증

다방향 충격 방호시설물의 성능향상을 위하여 기존의 충격 흡수시설 성능기준에 준하여 충돌 방향, 충돌 차량 중량과 충돌 속도를 고려한 기술을 개발하였다. 충돌 방향은 정면, 정면 15도, 1/2 Offset, 차량 중량은 900kg, 1,300kg, 충돌 속도는 60km/hr, 80km/hr로 실험하였으며 충격 흡수 성능기준인 CC2(Crash Cushion) 등급을 확보하였다. 충격 흡수는 가드레일 형태의 방호 성능과 중앙부에 직경 20×120mm의 슬롯 홀 8개를 두어 차량 충돌 시 변형되도록 하였고, 가드레일에 부착된 분리식 지주를 통해 충격 에너지를 흡수할 수 있도록 개발하였다. 교각의 구조물 앞에 차량을 안전하게 정지시키는 주행 비복귀형 조건으로 실제 충돌 시험을 실시하여 충격 흡수시설로써의 거동과 충돌 후 차량의 거동 항목을 추가하여 교각 방호 안전시설물의 종합적인 성능을 검증하였다.

1) Theoretical Head Impact Velocity
2) Post-impact Head Deceleration

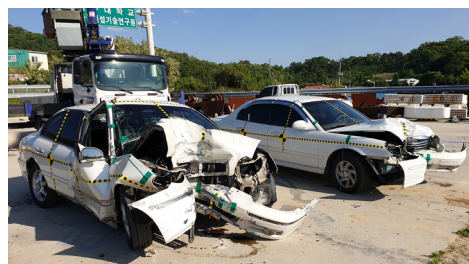


	THIV(km/h)	PHD(g)
일반 지주	82.2(>44)	21.0(>20)

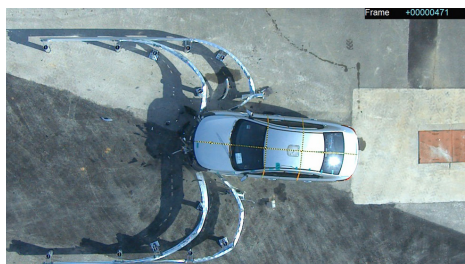


	THIV(km/h)	PHD(g)
감충지주	39.1(<44)	18.3(<20)

기존과 본 연구의 충격흡수시설 성능 비교(THIV:탑승자 충격속도, PHD:탑승자 가속도)



충돌 후 차량 외관 비교



다방향 충격 흡수시설 실물
충돌실험(80km/h, 1.3ton)



연구의 차별적 특징

세계 최초로 2차 사고 방지를 고려한 지주 개발

개발된 감충형(Crashworthy) 지주는 도로변에 방호시설 없이 노출된 도로표지뿐만 아니라 신호등, 가로등 등에 다양하게 활용될 수 있다. 일반 지주인 강결 지주와 비교해 볼 때 충돌 후 차량의 손상도가 크게 줄고, 에너지 해석상에서 볼 때도 사고 심각도가 많이 줄어들 것으로 판단된다. 감충 성능을 갖는 지주 기술 중에서 지주 분리에 의한 2차 사고까지 방지할 수 있는 것은 세계 최초의 기술이다.

경제성을 갖춘 다방향 충격 흡수시설

교각 등의 위험물을 둘러싸는 형태의 충격 흡수시설은 일반 충격 흡수시설에 비해 저렴하면서도 다방향 충돌에 대한 충격 흡수 성능기준을 만족한다고 할 수 있다. 본 시설은 현재까지 교각 등에 대한 다방향 방호성능을 갖춘 유일한 시설물이며, 향후 간선도로 등의 진출입 부분에도 설치하는 등 다방면으로 활용할 수 있다.

연구성과의 파급효과

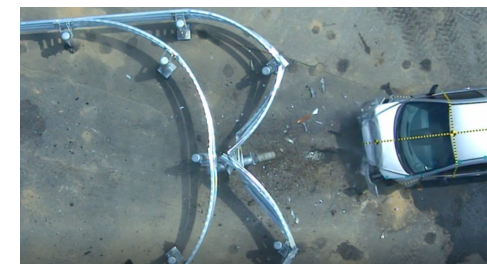


1. 기술 부문

보통의 충격 흡수시설의 설계에서 차량의 변형수준은 충격 흡수시설의 변형 수준과 동일하다고 가정하고 충격 흡수시설을 설계하고 있다. 그러나 본 연구에서는 슬라이딩 지주 충돌시험에 지주에 부착된 타겟 분석을 통하여 차량의 변형은 제외하고 슬라이딩 지주만의 변위를 측정하였다. 이를 통해 슬라이딩 지주 전체 충돌 거동 구간을 각 구간별로 구분하여 충격 흡수시스템의 작동원리와 영향을 파악할 수 있었으며, 저가이면서도 충격 흡수 성능을 만족하는 교각의 다방향 충격 흡수 시설을 개발하였다.

2. 사회경제 부문

탑승자의 안전성을 높인 감충형 기술은 도로표지뿐 아니라 신호등, 가로등 등 도로변을 따라 세워진 거의 수없이 많은 수직 구조물들에 적용이 가능하다. 이 기술은 미국에도 특허를 출원 하였으며, 해외시장에서도 경쟁력이 있을 것으로 사료된다. 교각의 다방향 충격 흡수시설은 기존 시설에 비해 방호 영역이 넓고 절반 이하의 가격으로 방호 성능을 만족시키며, 교각뿐 아니라 도로 진출부와 여러 수직 구조물이 집중적으로 혼재된 곳에도 활용 가능해 새로운 안전시설의 형태로 정착될 것으로 예상된다.



다방향교각



충격흡수시설

주요연구 개발성과



기술사업화

1건, 매출액 136백만원 창출

논문

일반학술지 8건

지식재산권

특허출원 12건, 특허등록 17건



스마트시티 데이터허브 활용 코로나 역학조사 지원시스템

• 세부과제명	스마트시티 개방형 데이터 허브 아키텍처 및 핵심 기술 개발
• 연구기간	2018년 8월~2022년 12월
• 총연구비	10,946백만원
• 연구자	김재호 (한국전자기술연구원)

연구 배경

2015년 메르스 사태 이후 법률개정을 통해 감염병 예방법에 따라 확진자 발생 시 역학조사관은 관계기관의 협조와 승인을 통해 위치정보 및 신용카드 결제내역 등 개인정보를 활용할 수 있게 되었다. 코로나19 상황 초기에 평균 하루 이상 소요되던 역학조사 분석 시간으로 인해, 집단 감염 등 일일 감염자 수가 증가하고 피해가 확산되면서 분석 시간을 줄이고자 스마트시티 데이터 허브 기술을 활용한 시스템 개발을 추진하게 되었다.



재해재난 안전 Use case 서비스 시나리오

연구 목적

코로나19 역학조사에 필요한 다양한 기초 데이터를 외부 시스템으로부터 수집하고, 데이터 허브를 통해 역학조사관에게 필요한 정보를 신속·정확하게 제공함으로써 코로나19 확진자의 이동 동선을 빠르게 파악하여 국민의 안전에 기여하고자 한다. 또한, 스마트시티 데이터 허브 플랫폼에서 제공하는 데이터 수집, 가공, 저장 및 분석 기능을 활용하여 역학조사 지원 서비스를 제공함으로써 데이터 허브 기능과 성능을 검증한다.

주요 성과

코로나19 역학조사 지원시스템 운영

질병관리청에서 '20.03.26일부터 시스템을 이관받아 코로나19 역학조사에 활용 중으로 현재 이동통신사, 카드사, 사회보장정보원 및 QR 제공 포털 서비스와 연동하여 질병관리청 및 지자체 역학조사관이 활용 중이다.

다국적으로 활용가능한 코로나19 역학조사 지원시스템 개발

국내 코로나19 역학조사 지원시스템의 성공 사례에 대한 해외 시스템 수출 요청에 대응하기 위하여 지능형 역학조사 시스템 및 관련 서비스와의 통합 패키지를 개발하여 방역 체계가 부족한 해외 국가에 활용 가능한 시스템을 개발하였다.



데이터허브센터 구조도



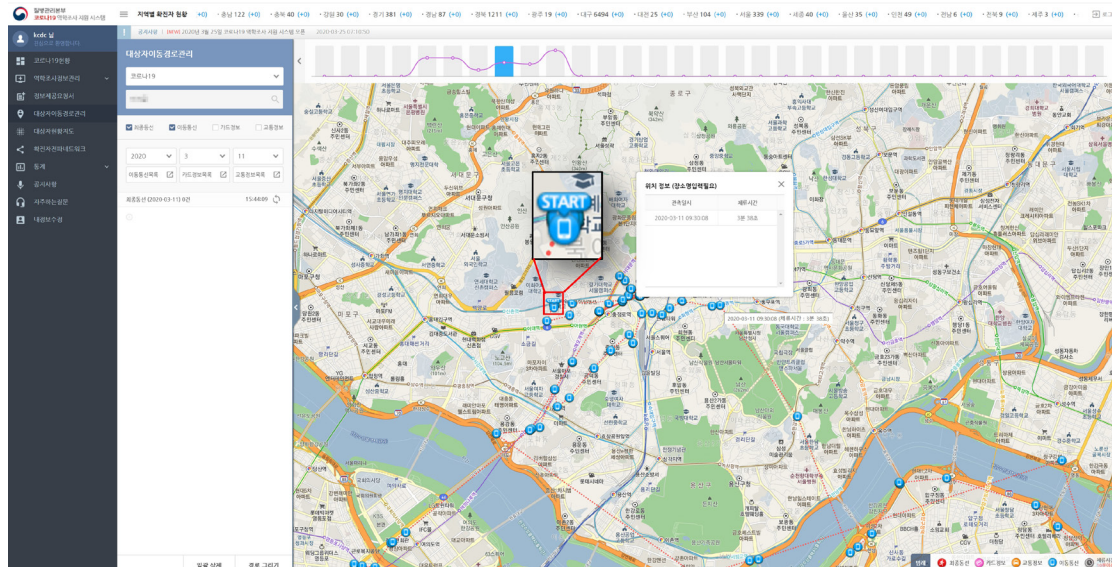
연구의 차별적 특징

자동화된 역학조사 업무 지원

빅데이터를 분석하여 기존에 활용하였던 확진자 직접조사 결과를 보완하고, 이동통신 자동 생성을 통한 역학조사관 업무를 보조하며 감염 핫스팟 분석, 확진자의 시간대별 체류지점 도출 등 다양한 통계 분석기능을 제공한다.

역학조사 소요 시간 단축

질병관리청을 지원하는 이동통신사 및 카드사와의 데이터 요청을 시스템으로 자동 구현하여 정보 취득의 신속성 및 정확성을 제고하고, 데이터 가공 및 분석 기능을 제공하여 역학조사 분석 시간을 10분 이내로 단축하였다.



코로나19 역학조사 지원시스템 화면

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

스마트시티 데이터허브 플랫폼이 제공하는 수집, 가공, 저장 및 분석 기술을 활용하여 역학조사에 소요되는 시간을 10분 이내로 단축하였고, 데이터 분석을 통해 다양한 통계 및 감염 경로 등에 대한 정보를 제공하여 자동화된 역학조사 기술을 개발하였으며, 추후 감염병 대응 체계 핵심기술 로써의 활용이 기대된다.

2. 사회경제 부문

코로나19로 인해 국민의 일상이 변화하고 전세계적인 경제 상황이 매우 악화된 상황에서 신속한 역학조사를 기반으로 방역 체계를 운영함으로써 국내 경제적 손실 완화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 향후에 다른 감염병 발생 시 감염병 역학조사 지원시스템으로 활용하여 국민의 건강과 안전을 위한 신속하고 정확한 역학조사 수행에 기여할 것으로 기대된다.

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 8건, SW등록 5건

논문

SCI 4건

표준채택

5건



도시철도 급전변전소 전자식 25kA 인출형 고체절연 개폐장치

• 세부과제명	도시철도 급전변전소 전자식 PT내장한 25kA 인출형 고체절연 개폐장치 개발
• 연구기간	2015년 4월~2016년 4월
• 총연구비	655백만원
• 연구자	김종우 ((주)인텍전기전자)

연구 배경

도시철도 현장에 사용되고 있는 구형 수배전설비 제품의 노후화로 정비나 교체를 해야 하는 시점에, 기존에 사용하고 있는 공기절연 방식의 수배전반(MCSG¹⁾)은 대형 구기술, 감전 위험성 등의 이유로 배제되는 상황이다. 또한 현재 보편적으로 사용되는 가스절연 방식의 수배전반(GIS²) 또는 CGIS)은 지구 온난화 원인 물질인 SF6(육불화황) 가스 사용으로 환경에 유해하다. 그리고 차단기(VCB³) 점검 시 공기절연 방식은 감전 사고 발생의 우려가 있고, 가스절연 방식은 차단기가 내부 고정형으로 점검이 매우 까다롭다. 이에 불편한 점을 해소하고자 고체절연을 적용한 차단기 인입인출형 방식을 개발하게 되었다.



25.8kV 25kA 차단기 인출형 고체절연 개폐장치

- 1) Metal Clad Switch Gear
- 2) (Cubicle-type) Gas Insulated Switchgear
- 3) Vacuum Circuit Breaker



연구 목적

현재까지 개폐장치의 주요 절연매질로는 공기절연과 가스절연 방식이 사용되고 있어 감전 사고나 가스누출 등의 불안함이 있고, 핵심 부속품인 차단기 점검이 매우 까다로워 전문 기술인력이 필요했다. 이러한 작업의 어려움을 보완하고, 작업자의 안전을 우선으로 하고자 고체절연 방식의 차단기 인출형 개폐장치가 요구된다. 또한, 현장 사고 1순위인 철심형 PT⁴⁾의 고장 예방을 위하여 전자식 PT를 적용해 전력 품질을 높이는 한편, 작업자의 안전을 보장하며 유지보수를 간편하게 하는 환경친화적(Gas free) 제품 개발을 목적으로 한다.



주요 성과

차단기 인출입 구조로 유지보수 편리성 증대 및 장애대처 능력 향상

현장에 설치되어 있는 수배전반 제품인 CGIS(GIS) 절연 방식은 차단기 인출이 불가한 방식으로 점검을 위해서는 선로 단전이 필요하며, 전문 지식이 많이 요구되어 철도설비 운영자 입장에서는 쉽게 접근할 수 없는 구조이다. 그러나 본 연구를 통해 고체절연형 차단기 수동 인출형인 개폐장치는 차단기가 인출되는 구조로 현장점검 및 장애 발생 시 빠르게 대처할 수 있어 안정적인 전력공급이 가능하다.

활선 상태에서 기기 점검 및 상시 감시 가능 개방구조 적용

고체절연을 적용한 내장형(Embedded)으로 노출된 도전부가 없는 구조이고, 배전반은 전체적으로 4면이 개방형으로 되어 있어 일상 점검 및 내부 상태 감시가 가능하다.

절연 Gas free로 누기 문제 및 압력팽창 위험성 근본 해소

절연 Gas를 100% 배제한 고체절연 구조로 가스 누출이 없으며, 내부 압력 팽창이 없는 구조로 작업자 안전 확보 및 2차 확산 사고 예방이 가능하다.



4) Potential Transformer



고체절연 개폐장치 실제 모습



연구의 차별적 특징

유지보수 및 장애고장 대처 능력 향상

노출된 도전부가 없는 구조로 활선 상태에서 일상 점검 및 정기 점검이 가능하고, 차단기 인출입 기능으로 차단기 단독 점검 및 장애 발생 시 현장 조치시간을 단축시킨다.

외부 환경 영향 최소화로 절연열화 및 노후화 방지

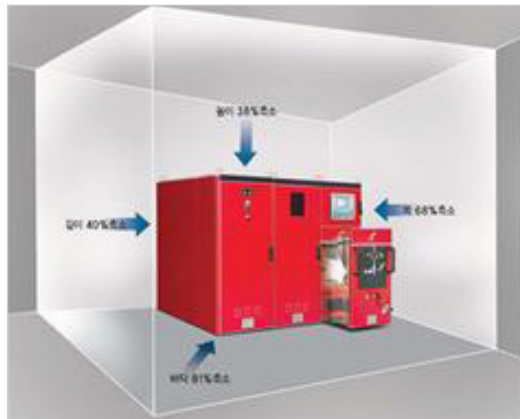
노출된 도전부가 없는 구조로 외부 환경 영향을 최소화하여 노출된 접촉부의 열화 발생이나, 감전 사고 등으로 인한 수명 단축 예방 등의 효과가 있다.

고체절연 적용 콤팩트 구조로 건축비 절감 및 부하증설 용이

인출형 고체절연 개폐장치는 기존 제품 대비 설치면적을 40~70% 이상 절약할 수 있어 신규 설치 공사 시 초기 건축비를 절감할 수 있고, 제품 교체 시 부하증설을 할 수 있는 대체 공간 확보가 가능하다.

인체접촉 감전 사고 예방으로 작업자 안전 확보

고체절연을 적용한 내장형 구조로 노출된 도전부가 없어 현장 작업자의 도체 접촉에 의한 감전 사고를 예방할 수 있다.



25.8kV 25kA 차단기 인출형 고체절연 개폐장치



고체절연 개폐장치 성능 시험성적서



연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

도시철도 현장에 사용되고 있는 구형 수배전설비 제품의 노후화로 정비나 교체를 해야 하는 시점에, 현대의 신기술이 접목된 우수한 제품으로 교체되어야 하나 그렇지 못한 것이 현실이다. 이에 친환경 고체절연방식의 수배전반을 적용해 현장에서 손쉽게 차단기 점검이 가능하게 하였으며, 지구온난화의 원인물질(SF6, 육불화황)의 배출을 저감하였다. 또한 모든 기술은 100% 국내 개발로 구현되어 기술 자립을 확립하는 좋은 계기가 될 수 있다.

2. 사회경제 부문

친환경 제품으로 온실가스 규제에 대응하고, 환경 대기 오염원 근절로 인한 사회적 대체비용 절감 효과가 우수하다. 또한 차단기 인출형 구조로 현장 예비 차단기 보유 시 전문 인력이 아닌, 현장 운영자의 신속한 대처(30분 이내)가 가능하여 단전 시간을 최소화해 시민 불편을 줄일 수 있다. 본 기술은 고체절연 구조로 절연거리 확보가 매우 우수하여, 전체적인 배전반 크기가 축소된 콤팩트 사이즈로 현장 설치 면적 축소 및 배치를 자유롭게 할 수 있고, 내부 공간 활용도를 높일 수 있다.

주요연구 개발성과



기술사업화

8건, 6,910백만원 매출액 창출

지식재산권

특허등록 1건

고속철도 자갈궤도 급속경화 기술

• 세부과제명	고속철도 자갈궤도 급속경화 기술개발
• 연구기간	2013년 6월~2019년 12월
• 총연구비	9,560백만원
• 연구자	이일화 (한국철도기술연구원)

연구 배경

자갈궤도는 열차의 운행에 따라 점진적으로 파괴되는 구조이므로, 궤도 틀림을 줄이기 위해 지속적으로 유지보수가 필요하다. 특히 경부고속철도 1단계 구간(광명-동대구)에서는 시속 300km/h로 운행되는 열차에 의한 도상자갈 입자의 이동, 재배열, 마모 및 노반 관입 등으로 인해 궤도 유지보수에 많은 시간과 비용이 소요되고 있다. 따라서 고속선 자갈궤도의 유지보수 작업을 획기적으로 줄이면서 향후 열차의 증속에 대응하여 주행 안정성을 높이기 위해서는 기존 자갈궤도 구조를 효과적으로 보강할 수 있는 궤도개량 기술이 필요하다.



연구 목적

고속철도 또는 고속화 노선의 노후화된 자갈궤도를 차단시간 내에 콘크리트 궤도로 개량하기 위하여, 급속경화궤도용 구성품(초속경성 모르타르 충전재, 광폭 침목, 교량구간용 앵커시스템 등)과 시공 속도 향상을 위한 기계화 시공 장비(건식 블라스팅 장비, 초속경 모르타르 충전재 주입 장비 및 궤도리프팅 장비) 개발이 필요하다.

주요 성과

급속경화궤도 시스템 설계기술 개발

고속철도(350km/h급) 및 고속화 노선(350km/h 미만)에서 광폭침목, 급속경화 충전재(초속경 시멘트 모르타르), 세척 자갈, 토목섬유, 탄성체결 장치 등을 조합하여 고속의 열차를 안정적으로 주행시킬 수 있는 시스템 설계기술을 개발하였다.

세계 최초 교량상 급속경화궤도 설계 및 시공

교량상 급속경화궤도 적용을 위한 차량-궤도-교량 간 상호작용 해석 모델 및 설계 기법을 구축하였으며, 교량용 급속경화궤도에 적용하기 위한 앵커 시스템을 개발하였다. 또한 해당 시스템과 기법을 교량용 급속경화궤도 현장에 시범 적용하여 최초로 최적의 시공 절차 방안을 수립하였다.

건식자갈 세척 기술

기존 도상자갈을 회수하여 입도 선별 및 세척 처리 후 열차현장에 재사용할 수 있도록 하는 기술을 탑재한 전용 장비를 개발하였다. 본 장비는 시간당 10t까지 건식으로 자갈을 세척할 수 있는 친환경 장비로써 녹색기술 인증을 획득하였다.

기계화 충전재 주입 기술

기존 인력 시공을 통한 1일 작업량 한계(10m)를 극복하고 급속경화궤도 품질 확보를 위하여 대용량 모르타르 (Mortar) 주입 장비를 개발하였다. 재료 개량, 이송 및 타설 작업이 주입 장비 1편성에서 모두 이루어질 수 있으며, 50m(일)/1편성의 속도로 작업이 가능하여 시공 속도를 크게 향상시켰다.



연구의 차별적 특징

철도 궤도품질 및 시공성 향상

급속경화궤도 시스템의 세부 구성요소인 초속경 시멘트 모르타르, 광폭침목, 자갈 세척 장비 및 대형 모르타르 주입 장비 등 핵심항목 모두를 순수 국내 기술로 개발하였으며, 급속경화궤도의 품질 및 시공성을 높였다.

철도 유지보수 비용 절감

노후 자갈궤도를 급속경화궤도로 전환 시 Maintenance-Free 달성이 가능하며, 시공 속도의 경우 서울교통공사의 B2S¹⁾ 시스템(5~10m/일) 대비 최소 5배 빨라 공기 단축과 철도 유지보수비 절감이 가능하다.

고속열차의 운행 가능

급속경화궤도와 유사한 일본의 TC형 생력화 궤도 기술은 도시철도에만 적용되고 있으나, 국내 급속경화궤도 기술은 최대 350km/h 속도의 고속열차에도 적용이 가능하다. 또한 고속철도 운행선 적용을 위한 기계화 시공 공정을 개발하고 여러 철도 현장에 시험 부설을 실시하여 개발된 공정을 검증하였다.



① 침목교환



② 자갈철거(크리너장비)



③ 세척자갈 포설(TLV장비)



④ 다짐 및 선형정정



⑤ 급속 모르타르 충전(주입장비)



⑥ 완료된 궤도 전경

기계화 장비를 이용한 터널·토공구간 급속경화궤도 시공 사례 : 철도종합시험 선로

1) Ballasted Track To Slab Track

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

급속경화궤도 기술을 통해 노후 자갈궤도를 콘크리트 궤도로 전환하면 궤도구조의 안전성 확보 및 유지보수 비용의 획기적 절감이 가능해진다. 따라서 급속경화궤도 기술은 고속철도를 비롯한 일반철도 및 도시철도 선로 중 노후 자갈궤도를 개량해야 할 때 첫 번째 선택지가 될 수 있을 것이다. 또한 철도 분야 핵심 키워드가 '유지보수', '개량'이며, 이는 국가 정책 방향으로 설정되어 있는 만큼, 급속경화궤도 기술의 국내 수요는 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다.

2. 사회경제 부문

급속경화궤도 기술은 향후 국가적 수요가 충분할 것으로 예상됨에 따라, 여러 중소기업이 기술 이전을 요청하거나 기술지원을 신청할 것으로 판단된다. 해당 기업들은 기술이전 또는 기술지원을 통해 노후 자갈궤도 유지보수에 참여하고 경제적 효과 및 일자리 창출이 가능할 것으로 예상된다.

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 3건, 특허등록 7건

논문

SCI 4건, 일반학술지 4건

신기술인증

녹색기술인증 1건

교통신기술 1건

급속경화궤도용 광폭침목(L형 및 S형) 형식 승인 1건

도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템

• 세부과제명	도시철도 선로(터널) 시설물 자율점검 분석시스템
• 연구기간	2017년 9월~2019년 12월
• 총연구비	770백만원
• 연구자	박종국 (투아이시스㈜)

연구 배경

도시철도 터널 구조물은 열차의 정시운행을 보장하고, 열차 운행의 안전을 확보하는 핵심적인 요소이므로, 점검 주기와 환경 여건 등을 고려하여 지지설비가 정상을 유지할 수 있도록 유지보수 계획을 종합적으로 수립하여 관리하여야 한다. 본 연구에서는 도시철도에 맞는 다양한 패턴의 검측데이터 분류 및 분석과정을 통해 결함 설비에 대한 원인을 규명하고, 결함의 위치를 정확히 판단할 수 있는 도시철도 자율점검 분석시스템을 개발하여 도시철도 시설물을 효과적으로 관리하고자 한다. 또한 장애·사고 발생 우려가 있는 설비를 사전에 인지해 유지관리 시스템의 효율성과 안전성을 개선하고자 한다.



도시철도 선로시설물 자율점검 분석시스템 구성

연구 목적

국가 R&D로 KTX 고속선 구간의 시설물(전차선로, 궤도, 신호) 검측기술 연구는 진행되었으나, 도시철도 구간에 대한 시설물 연구는 진행되지 않았다. 도시철도 구간의 시설물은 KTX 고속선 구간의 시설물(전차선로)과 구조적으로 상이하기 때문에, 도시철도 구간의 강체 전차선로(T-BAR) 및 궤도 설비의 상태를 검사할 수 있는 개별 기술이 필요하다.

주요 성과

지하부 강체 전차선로 변형 검사 장치 개발

열차주행 상태에서 지하부 강체 전차선로 시설물을 머신비전 광학장비(Optics for Machin vision)를 이용하여 스캔한 후, 강체 전차선로 및 지지 시설물의 변형 및 탈락 여부를 자동으로 검사할 수 있는 장치를 개발하였다.



강체 전차선로 변형 검사 장치



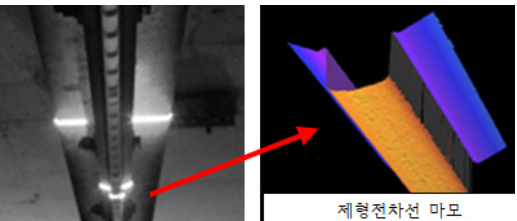
강체 전차선로 지지설비

지하부 제형 강체전차선 마모 검측 장치 개발

열차 주행 상태에서 T-BAR 강체전차선(제형)의 마모 및 기하학적 변형(높이 및 편위)을 검측하여 전차선의 상태 및 교체 주기를 파악할 수 있다.



강체전차선 마모 검측 장치



강체 제형전차선 형상데이터

도시철도 콘크리트 궤도(STEDEF) 시설물 검사 장치 개발

열차주행 상태에서 STEDEF 궤도의 이음매판(체결상태), 체결구(크립, 나사), 패드의 절손 여부와 STEDEF 궤도 콘크리트 균열 및 파손을 검사하는 궤도 시설물 변형 진단 기술을 개발하였다.



동적 팬터그래프(Pantograph) 자세 검측 장치 개발

열차주행 시 팬터그래프 습판체에 충격 검측 및 습판체의 동적 자세(Roll)를 검측하고, 팬터그래프 및 집전 설비별 이상 온도를 검측하여 전차선로 상에 충격 발생 지점을 파악할 수 있다.



동적 팬터그래프 자세 검측 장치



연구의 차별적 특징

시설물 변형 자동 검사 시스템 개발

기존에는 모니터링 화면을 통하여 육안 검사를 진행했지만, 광학장비를 이용한 시설물 상태 스캔을 통하여 시설물 정보를 취득하고, 딥러닝 및 변형 분석 영상 처리를 적용하여 시설물 상태 정보를 자동으로 검사 및 분석할 수 있다. 해당시스템에는 강체전차선 마모형상 검측시 3D 카메라 및 레이저를 적용해 $\pm 0.4\text{mm}$ 의 마모정밀도까지 검측가능하며, 강체전차선 및 시설물 변형 자동 검사시 라인 카메라를 이용해 90%의 시설을 스캔과 영상처리가 가능하다. 또한 궤도분기기 단면 형상 검측시 3D 카메라 및 라인 레이저를 적용해서 $\pm 0.2\text{mm}$ 의 크로싱(Crossing) 및 플랜지웨이(Flangeway) 정밀도를 자랑하며, 콘크리트도상 궤도시설 변형 자동 검사시 체결구 및 침목인식도가 98%에 달한다.

실시간 기반검사를 통한 효율적 유지보수 및 인건비 절감

이동하는 열차에 설치하여 운행 중 터널 시설물 상태를 검사 및 분석하여 이상 개소는 사용자에게 알람을 전송하고, 운행 종료 후 알람이 전송된 개소를 확인 및 조치함으로써 기존 심야 단전 시간 중 작업자가 육안으로 점검하는 것 대비 400배 이상의 시간 효율성을 가진다. 또한, 정확한 지점 유지보수를 통하여 시간 내 유지보수를 효율적으로 진행할 수 있다.

연구성과의 파급효과



1. 기술 부문

철도 설비 주요 부품에 대한 실시간 상태진단과 인공지능, 딥러닝을 통한 유지보수 및 고장 예측을 통한 운영기술 향상, 위험업무의 인력투입 최소화가 가능해지며 국외 검측 장비와 달리 사용자의 요청사항 등을 반영한 맞춤형 장비로써 국내 환경 여건(운영조건, 온도습도 등)에 따른 시설물의 고장유형 분석 기술력을 확보할 수 있을 것으로 예측된다. 또한, 독자적인 검사 장치 기술 확보로 외산 장비를 대체함으로써 해외 기술 의존도를 낮추고, 자체적인 유지보수 문제 해결이 가능할 것으로 기대한다.

2. 사회경제 부문

국내 '2020 한국판 뉴딜정책'에 따르면 디지털 혁신을 통한 '국민안전 SOC 디지털화' 등 사물인터넷, 자동·원격제어 시스템 구축 등을 통하여 국가 인프라 관리체계를 디지털화하는 추세이다. 본 연구 성과는 인력 위주의 과도한 유지보수 업무에서 벗어나 자동·원격제어 등을 통한 철도 시설물 상태를 자동 진단하고 관리하는 가장 효율적인 방법을 보여주고 있다. 즉, 본 연구 성과는 철도 교통 분야의 디지털 관리체계 구축에서 벗어나 핵심기술로 발전 가능성이 무한하다고 판단된다.

주요연구 개발성과



지식재산권

특허출원 4건, SW등록 9건

논문

SCI 2건, 일반학술지 1건